

i. r. sinclair

GRABACION



GRABACION

SERIE MANUALES PRACTICOS

Televisión en color, G. J. KING
Audición, I. R. SINCLAIR
Electrónica, T. L. SQUIRES y M. DEASON
Transistores, J. A. REDDIHOUGH e I. R. SINCLAIR
Circuitos integrados, I. R. SINCLAIR
Radio, G. J. KING
Grabación, I. R. SINCLAIR
Ordenadores, T. F. FRY
Instalaciones eléctricas, F. GUILLOU y C. GRAY
Carpintería, F. UNDERWOOD y G. WARR
Electrónica digital, I. R. SINCLAIR
Video, D. K. MATTHEWSON
Electrónica, O. BISHOP
Dibujo técnico, C. HOLMES
Revelado y positivado, C. REYNOLDS
Cámaras fotográficas, D. WATKINS
Realización de películas en Súper 8, F. ARROWSMITH
Fotografía, G. WAKEFIELD
Radioaficionados, F. G. RAYER



GRABACION

I. R. SINCLAIR

Versión española de

A. Hernández Cachero

Catedrático de Electrónica de la Universidad Complutense de Madrid

S. Dormido Bencomo

Catedrático de Física Industrial de la Universidad Complutense de Madrid

Serie Manuales Prácticos



Edición original:
BEGINNER'S GUIDE TO TAPE RECORDING

Primera edición española, 1981
Reimpresión, 1986

R.E. 182
28001 Madrid. Claudio Coello, 76

Delegaciones:

08008 Barcelona. Enrique Granados, 61
48014 Bilbao. Iruña, 12
18009 Granada. Pza. de las Descalzas, 2
15005 La Coruña. Pasadizo de Pernas, 13
28002 Madrid. Saturnino Calleja, 1
33006 Oviedo. Avda. del Cristo, 9
38004 Santa Cruz de Tenerife. General Porlier, 14
41012 Sevilla. Reina Mercedes, 35
46003 Valencia. Caballeros, 5
47014 Valladolid. Gavilla, 3
50005 Zaragoza. Concepción Arenal, 25

México

Editorial Alhambra Mexicana, S.A. de C.V.
Calle Amores, 2027
Colonia del Valle
03100 México, D.F.

Argentina

EDICLE, S.A.
Calle Juncal, 4649/51
1425 Buenos Aires

Colombia

Editorial Alhambra Colombiana, Ltda.
Calle 117 nº 11, A-65. Piso 3º
Bogotá, D.E.

nc 05010229
ISBN 84-205-0837-3
ISBN 0-408-00330, Butterworth & Co. Ltd.,
París, edición original
Depósito legal: M. 25375 - 1986

Cubierta: Editorial Alhambra, S.A.
Fotocomposición: Monocomp, S.A.
Impresión: Lavel, S. A.
Papel: Kanguros
Encuadernación: Gómez Pinto, S.A.

Impreso en España - Printed in Spain

Lavel, S. A. - Los Llanos, nave 6 - Humanes (Madrid)

INDICE GENERAL

PROLOGO

Aunque la tecnología de los magnetófonos data de hace casi un siglo, en el momento de escribir este libro, sólo en tiempos relativamente recientes los magnetófonos ya sean de bobina abierta o de cassette, se han convertido en parte de la vida doméstica. Esto se ha debido al desarrollo técnico prolongado tanto en cintas como en magnetófonos, pasando a ser de aparatos considerados como una rara curiosidad, a sistemas de reproducción sonora aceptables y con los que pueden grabar en su casa millones de personas.

Este libro, como los restantes volúmenes de la Serie Manuales Prácticos, *intenta presentar los principios y las técnicas de los magnetófonos de una forma simple y no matemática, dirigida hacia el* principiante. *Esperamos que aquel* lector *que haya seguido este libro, estará mejor preparado para la elección y aplicación de un magnetófono adecado a sus gustos, y podrá conseguir mayor satisfacción con su uso.*

1

FUNDAMENTOS

Los magnetófonos domésticos, distintos de los grabadores de vídeo, sirven para grabar el sonido, y por tanto, debemos comenzar explicando en qué consiste el sonido. Se llama sonido a una vibración en forma de onda que viaja a través de la materia. Las ondas sonoras viajan a través de los gases (por ejemplo, el aire), los líquidos (por ejemplo, el agua) y sólidos (por ejemplo, el acero), pero no se propagan a través del vacío, por ejemplo, en el vacío del espacio. Esto se debe a que las ondas sonoras, a diferencia de las ondas radioeléctricas o de la luz, requieren un medio material para su propagación. Esto es debido a que las ondas sonoras consisten en una vibración de las partículas de la materia (moléculas) que pasan de una molécula a otra.

Imagínese una fila de vagonetas pesadas conectadas por resortes (Fig. 1.1). Si se comienza empujando la primera vagoneta en forma de vaivén, se comprimirá y estirará alternativamente el resorte conectado con la segunda vagoneta. Esto originará un movimiento de vaivén en la segunda vagoneta (aunque no exactamente al unísono con la primera) y su movimiento originará en seguida el movimiento de la vagoneta número tres. Al cabo de un rato, todas las vagonetas estarán moviéndose en forma de vaivén, aunque haya cesado el movimiento aplicado a la primera vagoneta. Esto constituye un ejemplo excelente de cómo se propagan las

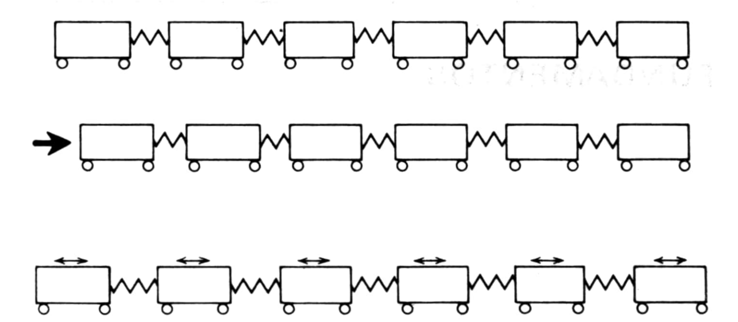


FIG. 1.1. La acción de una onda sonora puede ilustrarse mediante vagonetas conectadas por resortes. Si se empuja la vagoneta final, se comprime el resorte conectado a la siguiente que comienza a moverse comprimido el resorte contiguo y así sucesivamente. El movimiento de cada vagoneta es de vaivén y se tarda un cierto tiempo en transferir el movimiento de una vagoneta a la siguiente, de forma que una vagoneta puede estar moviéndose en dirección opuesta a la de otra de la línea.

ondas sonoras a través de la materia. Obsérvese que en el ejemplo propuesto, ninguna de las vagonetas se desplaza demasiado de su posición inicial; cada una oscila alrededor de su posición de reposo, si bien a cierta distancia parece que está teniendo lugar un desplazamiento. Esto se debe a que el movimiento de cada vagoneta se retrasa con respecto al movimiento de la anterior, y esto es característico del movimiento ondulatorio: cada partícula se mueve en forma de vaivén muy ligeramente, aunque la onda parece desplazarse de un lugar a otro.

Las ondas sonoras se propagan en el aire por medio de las moléculas de los gases que lo componen (oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono, principalmente). Estas moléculas son muy pequeñas; su diámetro mide aproximadamente una millonésima de milímetro y poseen una gran libertad de movimiento. No obstante, las moléculas no

son completamente libres, ya que existen fuerzas de interacción con las moléculas vecinas, que las mantienen conectadas como si fuesen resortes invisibles. Debido a esto, si se ponen algunas moléculas en oscilación, se inicia un movimiento ondulatorio, que se propagará por igual en todas las direcciones, tal y como ocurre con las ondas que aparecen sobre la superficie de un estanque cuando se arroja una piedra sobre el mismo.

La velocidad con que se propaga el movimiento ondulatorio y que se llama velocidad de la onda, depende de la masa de cada molécula y de la magnitud de las fuerzas que existen entre ellas. Se mueven menos fácilmente las moléculas más pesadas, por lo que en este caso las ondas se propagan más lentamente. Por otra parte, el movimiento ondulatorio se propaga más rápidamente cuando las fuerzas son mayores. Así resulta que la velocidad de las ondas sonoras en gases diferentes no es la misma que en el aire y esta velocidad se altera cuando se cambia la temperatura del gas. Encontramos también, que la velocidad de las ondas sonoras en líquidos y en sólidos es mucho mayor que en el aire. Así, la velocidad del sonido en el aire es aproximadamente 330 m/s, en el agua 1500 m/s y en el acero 5000 m/s.

Frecuencia y longitud de onda

No todas las ondas que se propagan en el aire y que llamamos sonoras, pueden ser oídas por el hombre; existen muchos sonidos que el oído humano no puede detectar, ya que nuestros oídos perciben solamente un intervalo limitado de todas las ondas sonoras posibles. La característica más sobresaliente de las ondas sonoras aquí es la frecuencia, o número de oscilaciones completas por segundo. Esta unidad de oscilaciones por segundo se denomina hertz (abreviadamente Hz), tras el descubrimiento de las ondas de radio. Nuestra habilidad para percibir sonidos de frecuencias diferentes, varía con la edad, si bien una regla

aproximada es que el intervalo de audio que va desde 30 Hz hasta aproximadamente 15 000 Hz (normalmente escrito como 15 kilohertz, o 15 kHz, en donde kilo significa 10000) es bien detectado por un oyente de unos 20 años. Hacia los sesenta, su habilidad para escuchar las frecuencias más elevadas disminuye enormemente y puede considerarse afortunado si es capaz de escuchar notas de frecuencias muy superiores a los 8 kHz.

La frecuencia de una onda sonora, que es la frecuencia de la vibración que produce el sonido, puede medirse mediante instrumentos y se escribe en forma de un número de hertz. Sin embargo, para el oído la frecuencia de una nota significa el tono de un sonido musical, y aquel afortunado que posea un oído bien educado puede escribir la nota que escucha sobre la escala musical. El tono y la frecuencia se corresponden exactamente; una nota de tono bajo, como la que da un contrabajo, es un sonido de baja frecuencia, aproximadamente de 100 Hz y una nota de tono alto, como la que da un flautín, es un sonido de alta frecuencia, de 3 kHz o más.

La longitud de onda es un tipo diferente de magnitud que nuestros oídos no detectan directamente. Como su nombre sugiere, la longitud de onda es la distancia o espaciado que existe entre el pico de una onda y el siguiente (Fig. 1.2). Si se pudiese ver una onda sonora, se podría medir su longitud de onda directamente, pero dado que no podemos ver sonidos, debemos confiar en los instrumentos. La longitud de onda representa la distancia que ocupa una

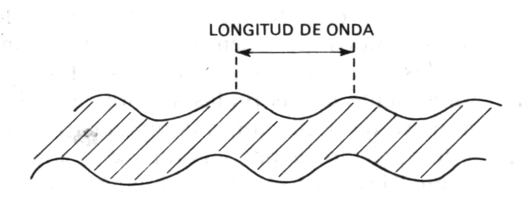


FIG. 1.2. Longitud de onda es la distancia entre dos picos de onda sucesivos.

onda completa en su desplazamiento y la frecuencia es el número de ondas completas por segundo. Si se multiplican estas dos magnitudes, longitud de onda y frecuencia, se obtiene la distancia total recorrida por la onda en un segundo, es decir, la velocidad de la onda:

$$\text{longitud de onda} \times \text{frecuencia} = \text{velocidad}$$

Dado que la velocidad del sonido en el aire es constante (suponiendo que la temperatura lo sea), la longitud de onda y la frecuencia varían del modo indicado en la gráfica de la figura 1.3. Si se produce un sonido de alta frecuencia, tendrá una longitud de onda corta. Si, por el contrario, se produce un sonido de baja frecuencia, tendrá una longitud de onda larga. En el caso de ondas sonoras en el aire a la temperatura de una habitación normal, una onda de 30 Hz de frecuencia, tiene una longitud de onda de aproximadamente 11 m y una onda de 15 kHz de frecuencia tiene una longitud de onda de aproximadamente 22 mm.

Para el sonido son importantes la frecuencia y la longitud de onda, ya que la frecuencia es la magnitud que se detecta mediante el oído, mientras que la longitud de onda depende del tamaño del intrumento musical correspondiente. Cada instrumento musical genera sonidos mediante una vibración, que puede proceder de una cuerda (familia del violín), una lámina estirada (tambores), una columna de aire (instrumentos de viento) o piezas de metal (xilofón). Las dimensiones del objeto vibrante, ya sean cuerda, lámina, columna de aire o metal determinan la longitud de onda que se producirá, así como la frecuencia sonora en el material y en consecuencia la frecuencia del sonido en el aire que lo rodea. Por cierto, uno de los factores que hace necesario afinar los instrumentos de una orquesta es que la velocidad del sonido en el aire depende de la temperatura. Así, un instrumento en una habitación calurosa, produce la misma longitud de onda que en una habitación fresca, pero como la velocidad del sonido es diferente, la frecuencia percibida por el oído humano no es la misma.

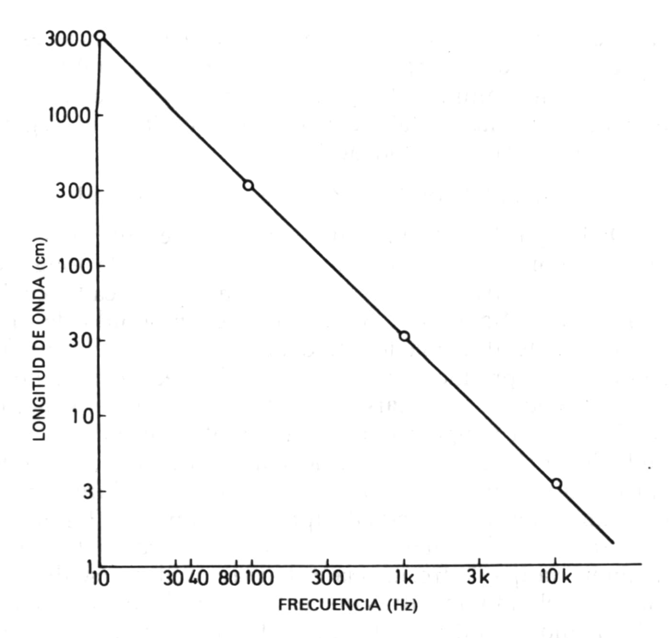


FIG. 1.3. Gráfica de la longitud de onda frente a la frecuencia para el sonido en el aire. Obsérvense las escalas utilizadas a fin de poder incluir un intervalo tan amplio de valores.

Micrófonos

El oído humano convierte las ondas sonoras que capta en impulsos eléctricos que circulan a través de los nervios que van al cerebro. Un micrófono es un oído artificial que convierte las ondas sonoras que capta en ondas eléctricas de la misma frecuencia. En realidad, el micrófono como el oído, hace bastante más que eso. Debe ser capaz de convertir sonidos de volumen bajo en ondas eléctricas de pequeña amplitud (Fig. 1.4) y sonidos de volumen alto en ondas eléctricas de gran amplitud. Como el hombre no puede



FIG. 1.4. La amplitud de una onda es una medida que nuestros oídos reconocen como volumen.

ver la amplitud del sonido ni la amplitud de las ondas eléctricas, estas cantidades deben medirse utilizando instrumentos, si bien la amplitud de una onda sonora se detecta por el oído por el volumen de una nota. Un micrófono perfecto debe ser lineal, lo que significa que la amplitud de la onda eléctrica del micrófono debe corresponderse exactamente con la amplitud de la onda sonora. No existen micrófonos ni oídos perfectos, ya que la sensibilidad de ambos cambia con la frecuencia del sonido que captan. En la figura 1.5 se muestra la gráfica de la sensibilidad media de un oído humano.

El micrófono, y también el oído, deben responder a la forma de onda del sonido, transformándola en una onda eléctrica o señal de la misma forma. Hasta ahora, se ha supuesto que la forma de una onda sonora era la de una onda de agua natural, es decir, la denominada por onda sinusoidal. Muy pocas fuentes sonoras presentan ondas sinusoidales, a excepción de los silbatos, y la forma de onda del sonido de un instrumento como el violín o el piano es mucho más complicada (Fig. 1.6). Dado que no pueden verse las ondas sonoras, debe explicarse lo que significan por medio de sus formas de onda. La amplitud de una onda sonora puede detectarse y medirse en diferentes instantes mediante instrumentos. Si se dibuja una gráfica de la amplitud frente al tiempo para una onda completa, la gráfica obtenida se denomina *forma de onda*. Es precisamente esta forma de onda la que decide la calidad de la onda sonora,

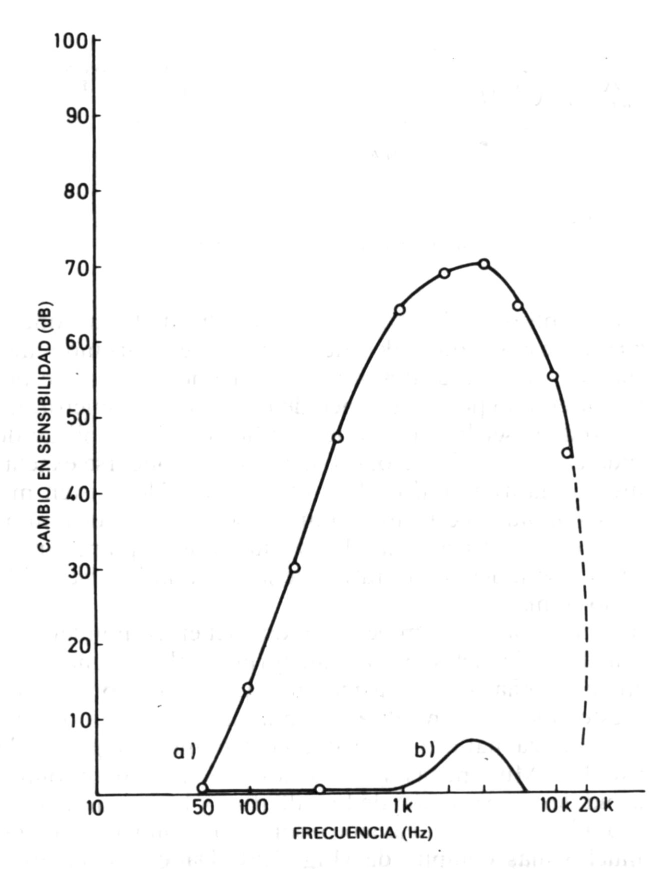


FIG. 1.5. Variación de la sensibilidad del oído a diferentes frecuencias. Para sonidos de volumen elevado *a*), el oído es casi igualmente sensible en todo el intervalo de audio. Para sonidos de volumen bajo *b*), el oído es mucho más sensible, alrededor de 3 kHz, que a cualquier otra frecuencia. Por esta razón, la música escuchada a bajo volumen, carece de tonos o frecuencias bajas; por ello, algunos amplificadores compensan esta deficiencia utilizando un control de «volumen alto» que eleva las notas de frecuencias más bajas, así como las superiores a 3 kHz.

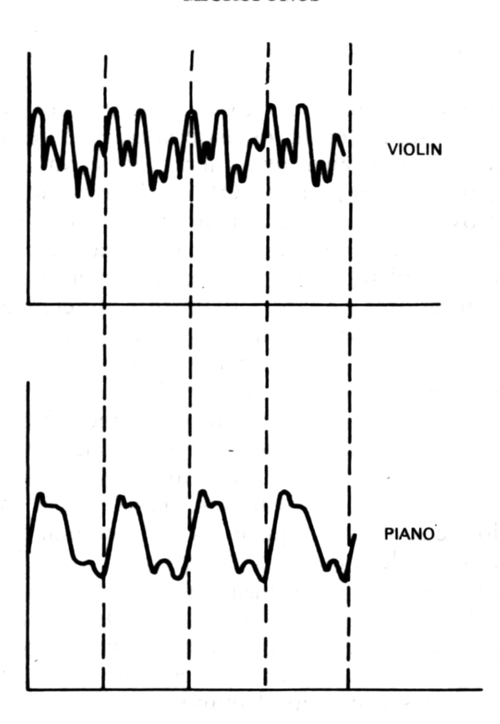


FIG. 1.6. Formas de onda típicas para un violín y para un piano que toquen la misma nota musical. Es precisamente la diferencia en estas formas de onda la que permite a nuestros oídos reconocer instrumentos diferentes; por ello un buen sistema de grabación debe preservar la forma de onda del sonido original.

de modo que puede averiguarse el instrumento que interpreta la nota. Para poder grabar y reproducir sonidos correctamente, el micrófono debe convertir las ondas sonoras en ondas eléctricas de la misma forma de onda. El lector puede consultar el volumen de esta serie, denominado *Guía de Principiantes para Audio*, si desea obtener más información sobre micrófonos y sus principios de operación.

Magnetismo

Desde hace varios siglos, se conocen tres tipos de fuerzas invisibles que actúan entre los materiales. Una de ellas es la gravitación, que origina una fuerza atractiva muy débil excepto para objetos pesados. Otra es la atracción o repulsión electrostática originada por cargas eléctricas. La tercera es el magnetismo, que origina una fuerza que puede ser atractiva o repulsiva, pero que es sensiblemente distinta de las dos anteriores. Se sabe actualmente que el magnetismo y la electrostática son en realidad parte del mismo efecto, pero para muchas aplicaciones aparecen tan diferentes, que se les considerará como efectos separados.

El magnetismo fue observado en primer lugar por los antiguos griegos que comprobaron que muestras de rocas de una isla llamada Magnesia se atraían entre sí y que apuntaban en una dirección (Norte-Sur) cuando se las suspendía de un hilo. Se sabe ahora que estas rocas contenían un porcentaje elevado de mineral de hierro: una versión no refinada del material que se utiliza actualmente como recubrimiento de las cintas de grabación magnéticas. Los materiales magnéticos, tales como estos minerales de hierro, pueden convertirse en imanes permanentes, que constituyen los imanes comunes que todo el mundo ha visto y usado. En imanes permanentes:

a) Los efectos magnéticos parecen concentrarse en ciertos lugares particulares que se denominan polos.
b) Los polos son de dos tipos diferentes, que se denominan norte (N) y sur (S) dado que apuntan hacia esas direcciones cuando se suspende el imán libremente.
c) Polos iguales se repelen, mientras que polos desiguales se atraen.

Todos los materiales son magnéticos hasta cierto punto, incluso el aire, pero únicamente algunos pueden magneti-

zarse permanentemente y con la potencia suficiente para que puedan observarse sus efectos. A estos materiales se les denomina ferromagnéticos, en donde ferro proviene de hierro y son los materiales sobre los que trataremos en este libro.

Los materiales ferromagnéticos pueden dividirse en dos tipos: duros y blandos. Estos adjetivos no se refieren a su dureza estructural sino a su «dureza y blandura» magnéticas. Los materiales magnéticos duros son difíciles de magnetizar, pero una vez magnetizados constituyen buenos imanes permanentes. Los materiales magnéticos suaves se magnetizan muy fácilmente, pero pierden su magnetismo cuando se les aleja de otros imanes.

Los materiales ferromagnéticos pueden magnetizarse de diferentes formas, aunque siempre basándose en la idea de que un imán magnetiza a otro. Se sabe desde hace muchos siglos que una barra o un hierro magnetizado señalan la dirección norte-sur, lo que constituye la conocida brújula. El imán que origina esto es la Tierra y por esta razón muchos edificios de estructura de hierro son magnéticos. Otro antiguo método consiste un frotar un material ferromagnético con otro imán, con lo que queda el material imantado, si es magnéticamente duro. Sin embargo, el último método que se descubrió es el más importante para nuestros propósitos, consiste en el principio del electromagnetismo.

Electroimanes

En el siglo XVIII, cuando se fabricaron las primeras baterías y se utilizaron por primera vez las corrientes eléctricas, un danés llamado Oersted encontró que si se hacía fluir una corriente a través de un cable, originaba un giro en la aguja de una brújula situada en sus proximidades (Fig. 1.7). El paso siguiente fue el descubrimiento de que un cable arrollado en forma de bobina, originaba unos efectos magnéticos mucho más fuertes que un cable recto,

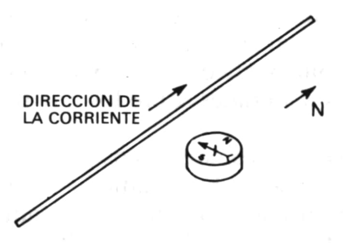


FIG. 1.7. Oested observó que la corriente eléctrica en un hilo afectaba a la aguja de una brújula situada cerca del hilo, lo que demostraba que existía un campo magnético alrededor del hilo cuando por él circulaba una corriente.

cuando circulaba una corriente a través de él y que dicha bobina producía los mismos efectos magnéticos que un imán de barra. Si se dibuja la forma de las «líneas de flujo» magnético alrededor de un imán de barra utilizando limaduras de hierro o agujas de brújula en miniatura (Fig. 1.8),

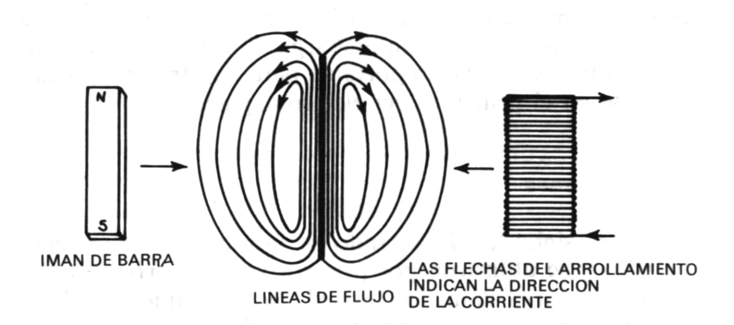


FIG. 1.8. Líneas de flujo. Se obtienen estas líneas utilizando agujas de brújula en miniatura o dispersando limaduras de hierro sobre vidrio encima del imán, y son de la misma forma tanto para imanes de barra permanente como para bobinas por las que fluye una corriente.

se encuentra que la forma es idéntica a la originada en el caso en que fluya una corriente por una bobina.

Lo que hace a los electroimanes realmente útiles, es el hecho de que pueden conmutarse o no, conectando o desconectando una corriente eléctrica. Para nuestros propósitos es incluso todavía más importante el hecho de que si a un electroimán se le alimenta con corriente alterna, en lugar de corriente continua, si la señal de corriente es la producida por un micrófono, el efecto o campo magnético que se produce sigue fielmente las variaciones de la corriente eléctrica. En otras palabras, puede crearse una señal magnética a partir de una señal eléctrica de forma análoga a como se obtiene una señal eléctrica de una señal sonora.

Otra característica muy importante que presentan los electroimanes es que una bobina que constituya un electroimán, arrollada sobre un material ferromagnético, da lugar a un imán mucho más intenso cuando fluye la corriente que el que se conseguiría con la bobina o el material únicamente. Si se utiliza un material magnético suave, lo indicado anteriormente es particularmente cierto; el campo magnético creado por una bobina con un núcleo de hierro, puede ser varios miles de veces mayor que el campo creado por la misma bobina circulando la misma corriente pero sin núcleo. Dado que el núcleo de material ferromagnético es suave, el magnetismo desaparece cuando se desconecta la corriente. Para distinguir estas dos intensidades magnéticas se les conoce con nombres distintos y se miden con diferentes unidades. Se da el nombre de campo magnético y se designa con el símbolo H al efecto magnético producido por la bobina únicamente. Por el contrario, se designa por densidad de flujo magnético y se utiliza el símbolo B para indicar el efecto magnético producido cuando se usa un núcleo dentro de la bobina.

Si se utiliza un material magnético duro como núcleo de un electroimán, la densidad de flujo magnético B producida para un valor dado del campo magnético H no es tan grande como cuando se utiliza como núcleo un material

magnético suave. No obstante, si se desconecta la corriente, existe una densidad de flujo magnético remanente en el núcleo, es decir, se ha creado un imán permanente.

La razón por la que se han aclarado las diferencias entre imanes permanentes y electroimanes, así como entre materiales magnéticos duros y suaves, es que las cabezas de grabación, reproducción y borrado de los magnetófonos son electroimanes que utilizan materiales magnéticos suaves e incluso la cinta usa materiales que son magnéticamente duros; es precisamente el magnetismo remanente de estos materiales el que permite guardar la grabación.

Materiales magnéticos

Uno de los factores que originaron el retraso en la aparición de los magnetófonos, fue la naturaleza complicada del magnetismo. Para comprender algunos de los problemas que aparecieron y cómo se solucionaron, obsérvese el siguiente experimento sencillo.

Imagínese una barra de un cierto material que es magnéticamente duro pero que no está magnetizado (Fig. 1.9). Se situa esta barra de material en el interior de una bobina longitudinal (solenoide) y se conectan los instrumentos para

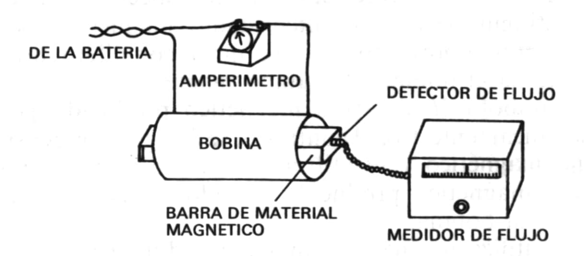


FIG. 1.9. Dispositivo experimental de medida de la densidad de flujo *B* que aparece en un material magnético para valores diferentes del campo magnético *H*.

medir la densidad de flujo magnético. Se utiliza también un medidor de corriente eléctrica (amperímetro), con el fin de medir la corriente que circula por la bobina; de esta forma podemos calcular el valor de *H* o campo magnético producido por la corriente. Si se conecta ahora todo el sistema y se comienza con un pequeño valor de la corriente eléctrica que circula por la bobina, puede medirse la densidad de flujo magnético *B* originada por el correspondiente campo magnético *H*. Si ahora se desconecta la corriente, se observa que desaparece también la densidad de flujo; es decir, no hay magnetización permanente cuando los valores de *B* y *H* son muy pequeños. Esto es muy importante en lo que se refiere a grabación de cintas, como se verá al tratar la polarización en el capítulo 2.

Si se utilizan mayores corrientes, cada valor de éstas origina un valor diferente de la densidad de flujo en el núcleo. Puede mostrarse más fácilmente lo que ocurre dibujando una gráfica de la densidad de flujo *B* frente al campo magnético *H*. Cuando se comienza con un material completamente no magnetizado, la gráfica es prácticamente recta a medida que aumenta la corriente, como muestra la figura 1.10, *a*). Sin embargo, una vez que se ha aumentado la corriente lo suficiente, ya no aumenta prácticamente la densidad de flujo (Fig. 1.10, *b*). Se dice ahora que el material está saturado magnéticamente, es decir, no puede magnetizarse más ni aumentar prácticamente la densidad de flujo en el núcleo aunque se eleve la corriente por la bobina.

Cuando el material magnético está prácticamente saturado, la gráfica aparece sensiblemente curvada y aparecen complicaciones si se disminuye la corriente por la bobina. En lugar de volver por el mismo camino, como ocurriría si el material fuera totalmente suave, la gráfica sigue un camino distinto, de tal modo, que el valor de *B* no se anula cuando la corriente por la bobina es cero (Fig. 1.10, *c*). Esta gráfica indica que todavía existe un valor suficientemente apreciable de la sendiad de flujo *B* a pesar de que la corriente por la bobina es nula. Este valor se denomina densidad de flujo

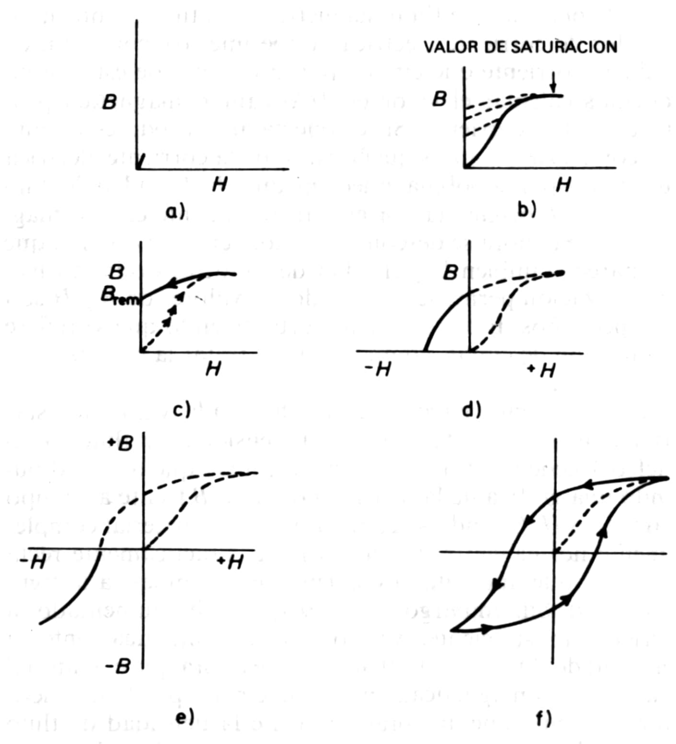


FIG. 1.10. Gráficas *B-H*: *a*), para pequeños valores de *H*, la gráfica es una línea recta. Si se retrocede *H* hasta el valor 0, se retorna *B* también a 0, de forma que no existe magnetización permanente en el material; *b*), para valores mayores de *H*, la gráfica no sigue el mismo camino cuando se reduce *H* a 0 (líneas punteadas). Para un valor suficientemente grande de *H*, el valor de *B* se hace constante y no puede aumentarse aunque se incremente *H*. Esta magnitud se denomina valor de saturación y se dice que el material se ha saturado; *c*), si ahora se reduce *H* a 0, el valor de *B* no se hace nulo, sino que se alcanza una densidad de flujo remanente B_{rem}; *d*), si se invierte ahora la dirección de *H* (representada por un signo negativo), puede reducirse el valor de *B* a 0. El valor de *H* requerido para ello, se denomina campo magnético coercitivo; *e*), para valores inversos de *H*, el material se satura de nuevo, si bien ahora con un valor de *B* en dirección opuesta; *f*), la gráfica total mostrada se denomina ciclo de histéresis. Obsérvese que nunca se repite la primera parte de la gráfica.

remanente y un imán permanente bueno es aquel con una densidad de flujo remanente grande y tanto mejor cuanto más se aproxime al nivel de saturación. Cuando se habla de remanencia de un material magnético, es esta cualidad la que quiere significarse, es decir, la habilidad para retener la densidad de flujo después de la magnetización.

Incluso si el valor de la corriente eléctrica utilizada no llega a saturar el material magnético, existirá un flujo remanente cuando se desconecte la corriente, y es precisamente este flujo remanente el que forma la señal magnética sobre una cinta. Cuando se fabrican imanes permanentes, se desea conseguir el máximo flujo remanente posible y se satura siempre el material para lograrlo.

La gráfica puede todavía dibujarse más. Si se invierte la dirección de la corriente por la bobina, comenzando con pequeños valores de la misma, decrece la densidad de flujo magnético desde su valor remanente (Fig. 1.10, *d*) hasta que se anula de nuevo para un determinado valor de la corriente. En realidad, se ha anulado aplicando un campo magnético en dirección opuesta, y el campo magnético necesario para ello se denomina a veces coercitivo; por ello se habla de la coercitividad de un material magnético. Un material magnético con muy alta coercitividad es duro de desmagnetizar y esto constituye una propiedad útil para cintas, ya que no conviene que se borren las grabaciones útiles debido al débil campo magnético terrestre o a los campos magnéticos de las distintas partes de las cintas.

Estas dos magnitudes, remanencia y coercitividad, miden la dureza o suavidad de un material magnético. Incluso un material magnético blando presenta una densidad de flujo remanente y, en consecuencia, se necesita un cierto valor de campo coercitivo para desmagnetizarlo; sin embargo, ambas magnitudes son muy pequeñas. Por otro lado, un material magnético duro, presenta valores elevados de la remanencia y de la coercitividad de tal modo que mantiene la mayor parte de su densidad de flujo y se resiste a su pérdida.

Cuando la corriente inversa en la bobina se aumenta todavía más, la densidad de flujo en el núcleo aumenta de nuevo, pero en dirección opuesta (Fig. 1.10, *e*) y se alcanza la saturación inversa. De nuevo, si se disminuye la corriente decrece la densidad de flujo a su valor remanente y hay que invertir la corriente si se desea anular la densidad de flujo. La gráfica completa se denomina ciclo de histéresis y se muestra en la figura 1.10, *f*). Obsérvese que en aquella parte de la curva que se describió cuando el material fue magnetizado por primera vez, ya nunca vuelve a repetirse.

Desmagnetización

Al examinar la forma del ciclo de histéresis de la figura 1.10, *f*), surge la siguiente pregunta: ¿Cómo puede desmagnetizarse el material? Una solución sería hacer recorrer la curva hasta llegar al valor del campo coercitivo inverso y posteriormente desconectar la corriente. Si se hace esto en el punto correcto (punto correspondiente al campo coercitivo inverso), el material quedará desmagnetizado (Fig. 1.11, *a*). Sin embargo, esto no es fácil de realizar, ya que el punto correcto de la curva debe encontrarse por tanteo para cada tipo de material magnético y, en consecuencia, se utiliza mucho más la desmagnetización de corriente alterna.

Si se encierra un material magnético dentro de un solenoide, alimentado con corriente alterna en lugar de continua, el material se verá obligado a recorrer un ciclo de histéresis completo por cada ciclo de la corriente alterna. Normalmente se utilizan corrientes normales para esta tarea, por lo que el ciclo de histéresis se recorre 50 veces por segundo. Si en estas circunstancias se saca lentamente el material ferromagnético del solenoide, la densidad de flujo remanente será menor en cada ciclo a medida que vamos separando el material del campo magnético (Fig. 1.11, *b*). Al final, se recorrerá el ciclo con una intensidad tan baja que no existirá magnetismo remanente apreciable y, por tanto, el material habrá quedado desmagnetizado.

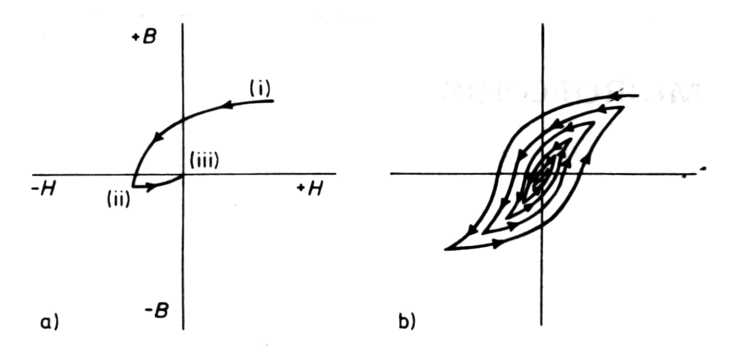


FIG. 1.11. Desmagnetización: *a*), por retorno rápido. Se reduce el campo magnético (i) invirtiendo la corriente en la bobina, hasta llegar a un punto (ii) en donde debe desconectarse la corriente, con lo que se anula el campo magnético y la densidad de flujo vuelve a cero (iii); *b*), por corriente alterna. Por este procedimiento, el tamaño del ciclo de histéresis se va haciendo más pequeño, a medida que se aleja el material del campo magnético, y esto se hace hasta que quede una pequeña línea recta.

Este proceso de desmagnetización de corriente alterna, puede realizarse manteniendo en reposo tanto el solenoide como el material magnético, lo que puede conseguirse reduciendo el valor de la corriente gradualmente hasta cero. Este último procedimiento se utiliza para desmagnetizar las partes metálicas internas de un tubo de televisión en color cada vez que se conecta el receptor; la bobina se encuentra situada fuera del tubo.

Antes de abandonar el tema del ciclo de histéresis, merece la pena mencionar que el área encerrada por el ciclo, es una medida de la cantidad de energía requerida para recorrer un ciclo completo de magnetización. Esto no es demasiado importante en el caso de materiales para cintas, pero puede serlo en el caso de cabezas de grabación, ya que conviene convertir la señal eléctrica en magnética, desperdiciando el mínimo de energía, pues se sabe que la energía utilizada en recorrer el ciclo de histéresis, se pierde en forma de calor.

2

MICROFONOS

Aunque los magnetófonos se utilizan muy a menudo para grabar señales directamente de los receptores de radio, todas las señales de audio que se graban han sido inicialmente señales eléctricas de un micrófono, y por tanto, éste es la parte más importante de cualquier sistema de grabación o de radiodifusión. Dado que el micrófono convierte la señal de audio en eléctrica, la calidad o fidelidad de la totalidad del sistema depende de la calidad del micrófono. Si éste produce una señal distorsionada, lo que significa que no es una copia fidedigna de la señal de audio, entonces será muy difícil (a menudo imposible) corregir este defecto posteriormente, a fin de producir una señal perfecta para grabación o radiodifusión. Como se explicará, los micrófonos de alta calidad son productos caros, debido a su diseño y construcción y por ello muy pocos usuarios de magnetófonos realizan grabaciones utilizando un micrófono de alta calidad. Normalmente, los micrófonos instalados en los magnetófonos son de baja calidad, útiles únicamente para dictados.

Tipos de micrófonos

Aparte del micrófono de carbón, que presenta únicamente interés histórico y que se describe brevemente en el

capítulo 3, los tres tipos principales de micrófonos que se utilizan hoy en día son los de cristal, electrodinámico y condensador y aún existen diferentes variantes dentro de cada uno de ellos. Las diferencias que existen entre los tres tipos de micrófono, radican en los métodos que utilizan para convertir las ondas sonoras en el aire en ondas eléctricas en un cable. Ya se ha visto que las ondas sonoras en el aire consisten en moléculas (de oxígeno y nitrógeno) que vibran alrededor de sus posiciones de equilibrio. Dado que no se pueden hacer conexiones eléctricas con el aire, debe aprovecharse el movimiento de las moléculas con el fin de desplazar un sólido, normalmente una película delgada denominada diafragma. El diafragma puede ser una lámina de papel estirado, metálica, de vidrio, o de cualquier otro material sólido y debe estar fija por los bordes, de forma que esté libre para vibrar cuando incide la onda sonora. Se sabe también que puede utilizarse un diafragma para detectar una onda sonora de dos formas diferentes. Si se suspende un diafragma de forma que ambos lados estén en contacto con el aire, entonces el diafragma se comporta como si fuese parte del aire —las moléculas de aire que se mueven transportan consigo el ligero diafragma, lo que hace que vibre de la misma forma. Idealmente, el diafragma se mueve con la misma rapidez (de vaivén) que las moléculas de aire; cualquier micrófono que posea diafragma abierto se denomina *activado por velocidad*.

La palabra *velocidad* es importante. Aunque a menudo se utiliza para significar rapidez, lo que significa realmente es rapidez en una dirección definida y en este caso la dirección del movimiento de las moléculas es importante. Como se ha visto, en una onda sonora las moléculas vibran en forma de vaivén en la línea que forma la dirección de la onda sonora. Si se sitúa un diafragma abierto perpendicularmente a la dirección de la onda sonora (Fig. 2.1, *a*) el movimiento de las moléculas de aire mueve al diafragma tal como se ha descrito. Sin embargo, si se sitúa el diafragma de modo que su eje forme un ángulo recto con la dirección de la onda

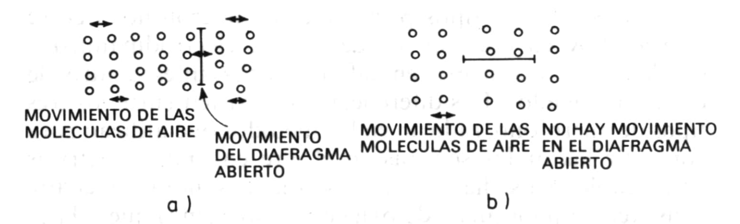


FIG. 2.1. Micrófono activado por velocidad: *a*), el movimiento de las moléculas de aire sobre cada lado del diafragma situado transversalmente, hace que se mueva el diafragma; *b*), no existe movimiento en el diafragma, si éste está situado perpendicularmente al movimiento de las moléculas de aire.

sonora (en línea recta entre la fuente sonora y el diafragma), el movimiento de las moléculas no afecta al diafragma (Fig. 2.1, *b*). Si se gira el diafragma hacia la fuente sonora el movimiento de las moléculas se va haciendo más pronunciado sobre el mismo, hasta que se alcanza el máximo efecto posible cuando el eje del diafragma apunta a la fuente sonora. Por tanto, un diafragma activado por velocidad es *direccional* y un micrófono que utilice un diafragma abierto también es direccional, ya que producen su máxima salida (para una distancia dada) cuando el eje del micrófono apunta al sonido y mínima cuando el eje del micrófono forma un ángulo recto con la dirección de la onda sonora. Los micrófonos direccionales son extremadamente útiles para registrar sonidos de una fuente grande, por ejemplo, un solista en una orquesta o un pájaro en un árbol. En el capítulo 9 se detalla brevemente la utilización de micrófonos con cualidades direccionales diferentes.

La forma de operación de un micrófono cambia completamente cuando se encierra uno de sus lados en una cápsula (Fig. 2.2, *a*). En este caso, ya no se encuentra el diafragma inmerso entre las moléculas que se mueven, aunque persisten moléculas en vibración en un lado y aire en el otro, de tal modo que las moléculas que vibran en el exterior

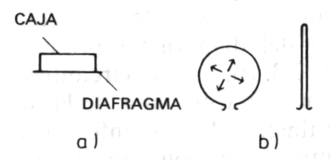


FIG. 2.2. Activación por presión: *a*), un diafragma con un lado cerrado está activado por la presión atmosférica y no por la velocidad de las moléculas; *b*), un globo esférico ilustra que la presión atmosférica actúa en todas las direcciones, ya que se infla como una esfera y no de cualquier otra forma.

golpean el diafragma. Se denomina presión al hecho de que moléculas que estén vibrando golpeen un lado de un material. El aire que nos rodea tiene gran presión que es prácticamente constante (varía ligeramente con el tiempo) y el efecto de una onda sonora consiste en la producción de pequeños cambios de presión de la misma frecuencia que la onda. No obstante, la presión actúa de forma igual en todas las direcciones —¡cuando se infla un globo con aire, se observa que éste no se hincha únicamente en la dirección en que se sopla! (Fig. 2.2, *b*)—. Un diafragma que sea activado por ondas de presión en el aire, será, por tanto, insensible a la dirección; vibrará con ondas que le lleguen de cualquier dirección, por lo que un micrófono que utilice un diafragma cerrado de esta clase será omnidireccional, es decir, igualmente sensible en todas las direcciones.

Obsérvese que la direccionalidad no tiene nada que ver con el método utilizado para convertir ondas sonoras en ondas eléctricas; cualquier tipo de micrófono puede construirse direccional u omnidireccionalmente dependiendo de la forma en que se haya montado el diafragma.

Diagramas polares

La direccionalidad de un micrófono se mide utilizando un diagrama polar. Un diagrama polar es un tipo de gráfica

que utiliza círculos en lugar de las cuadrículas convencionales. El centro del diagrama representa la posición del micrófono (Fig. 2.3, *a*), y cada circunferencia alrededor de dicho centro representa un valor de la intensidad sonora a 1000 Hz. Naturalmente, las circunferencias más alejadas del centro están numeradas con cantidades menores que las más cercanas, ya que un sonido distante produce una señal más débil que un sonido más próximo y las circunferencias representan también distancias —la unidad exacta utilizada para la numeración de las circunferencias no tiene importancia por el momento.

Se puede utilizar este diagrama para dibujar la respuesta direccional del micrófono; para ello se marcan los ángulos

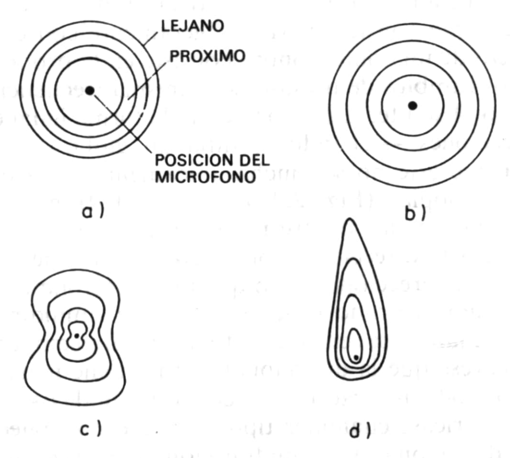


FIG. 2.3. Diagramas polares: *a*), el punto central representa la posición del micrófono y las circunferencias representan distancias; *b*), para un micrófono totalmente omnidireccional, el diagrama polar es circular; las circunferencias llevan números con las cifras de sensibilidad para el micrófono a las diversas distancias; *c*), una respuesta «en forma de ocho» se encuentra normalmente en el caso de micrófonos activados por velocidad; *d*), una respuesta totalmente direccional.

alrededor de las circunferencias que existen entre el micrófono y la fuente sonora. Ahora se realiza la gráfica marcando con un punto el valor de la intensidad sonora requerido para producir un valor dado de la señal eléctrica a cero grados —es decir, con el micrófono apuntando a la fuente sonora—. Se pueden medir ahora las correspondientes intensidades sonoras para 30°, 60°, 90° y así sucesivamente alrededor de la circunferencia, para lo cual se gira el micrófono y se efectúa la medición. El resultado final es el diagrama polar del micrófono a la frecuencia utilizada para comprobación y que se obtiene uniendo todos los puntos en una curva continua. Un micrófono perfectamente omnidireccional produce un resultado poco interesante —es decir, una circunferencia perfecta como se muestra en la figura 2.3, *b*). En cambio, los micrófonos sensibles a la dirección producen diagramas como os indicados en las figuras 2.3, *c*), *d*). La gráfica de la figura 2.3, *c*) en forma de ocho es típica de un micrófono activado por velocidad, siendo ampliamente utilizada. Asimismo, la gráfica indicada en la figura 2.3, *d*) se denomina cardioide, siendo particularmente útil, sobre todo para grabación en estéreo.

El diagrama polar de un micrófono varía si las medidas se realizan a diferentes frecuencias y depende también mucho de la construcción del micrófono. Por ejemplo, puede fabricarse un micrófono con un diafragma encerrado en un lado y parcialmente encerrado con material absorbente en el otro. Dicho micrófono es omnidireccional a bajas frecuencias, pero va haciéndose direccional a medida que se aumenta la frecuencia, y se utiliza en estéreo y servicios públicos.

Construcción de micrófonos

El micrófono más sencillo consiste en un diafragma y un transductor (Figura 2.4). El diafragma, ya sea abierto o cerrado, convierte la onda sonora en movimiento, mientras

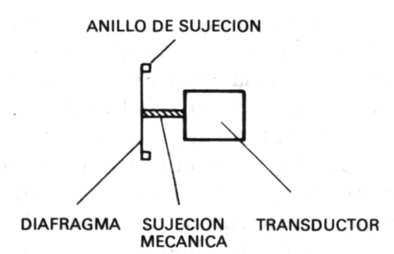


FIG. 2.4. Principio de todos los micrófonos. El diafragma se pone en vibración por las ondas sonoras, las cuales se transmiten al transductor mediante una sujeción mecánica. El transductor convierte entonces las vibraciones en ondas eléctricas.

que el transductor convierte el movimiento del diafragma en señales eléctricas. Esta combinación de diafragma y transductor se denomina «cápsula» (a veces también «elemento»). Evidentemente, si se dispusiese de un diafragma y de un transductor que respondieran perfectamente a las ondas sonoras en todas las frecuencias, no serían necesarias otras partes de un micrófono; pero nada es perfecto, y las dos máximas fuentes de imperfección son la onda sonora y el problema de la resonancia de las partes móviles.

La onda sonora origina problemas debido al tamaño del diafragma y a la frecuencia de la onda. Mediante un simple experimento, demostraremos lo que queremos decir. Si nos situamos frente a un altavoz que dé una nota de baja frecuencia estacionaria, un objeto como, por ejemplo, una silla situada entre el altavoz y nuestra cabeza, tendrá muy poco efecto sobre el sonido que escuchamos. La razón de ello, reside en que la longitud de onda de la nota de baja frecuencia, es grande comparada con el tamaño del obstáculo (la silla). Si ahora se cambia la nota por otra de alta frecuencia y se repite el experimento, se observa que el obstáculo origina un gran cambio en el sonido, y la razón de ello es que ahora la longitud de onda del sonido es pequeña comparada con el tamaño del obstáculo. Dado que un micrófono es un

obstáculo para una onda sonora, debe, por tanto, esperarse que se comporte de forma diferente para distintas longitudes de onda (frecuencias) del sonido y esto es una causa de imperfección.

La otra causa es más compleja. Se sabe que todos los objetos mecánicos que se mueven, vibran mucho más fácilmente a una frecuencia concreta, que se denomina de *resonancia*. El tablero de instrumentos de un coche vibra más estruendosamente para una velocidad del motor concreta; las botellas dan una nota cuando se sopla por su boca; una cuerda estirada vibra a una frecuencia cuando se pulsa: todos éstos son ejemplos de resonancia. Sin resonancia no existirían instrumentos musicales; pero los efectos de la resonancia pueden ser muy perjudiciales en micrófonos y altavoces. El problema reside en que el diafragma del micrófono y todas las restantes partes móviles del transductor presentan sus frecuencias de resonancia. A esta frecuencia, el diafragma se mueve mucho más fuertemente que a cualquier otra frecuencia, con lo que se obtiene una señal de salida mayor para una misma intensidad de la onda sonora. Cada parte móvil del micrófono presenta su propia frecuencia de resonancia y, por tanto, existen varias frecuencias para las cuales la señal de salida sube y baja bruscamente. Esto puede ilustrarse dibujando una gráfica de la salida eléctrica (v) del micrófono frente a la frecuencia de la onda sonora (f) utilizando un sonido de amplitud constante. Para trazar las curvas de resonancia, los experimentos correspondientes deben realizarse en habitaciones especiales, denominadas cámaras anecoicas, de forma que en ellas se reduzcan los efectos de los ecos a proporciones despreciables; dichos ecos producen resonancias en el aire de la habitación (ondas estacionarias) lo que haría difícil efectuar las medidas necesarias.

Una gráfica típica se muestra en la figura 2.5. Esta presenta muchos picos, lo que hace a este micrófono indeseable para aplicaciones de grabación, aunque es de utilidad para discursos y por ello se utiliza como micrófono de

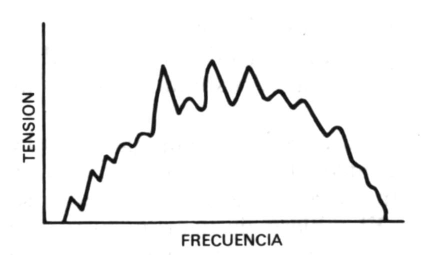


FIG. 2.5. Gráfica de la respuesta típica de un micrófono utilizando entradas sonoras de igual potencia para cada frecuencia. La respuesta presenta varios picos característicos originados por resonancias que pueden ser acústicas, mecánicas y eléctricas.

dictáfono. La razón de ello reside en el pico que aparece en el intervalo de frecuencias de 2-5 kHz que corresponde a la palabra humana; esta resonancia resulta muy conveniente para este micrófono, por lo que es particularmente útil en discursos.

En cambio, para grabaciones de alta calidad, especialmente música, dicha respuesta sería totalmente inaceptable y deben realizarse ciertas modificaciones. Puede alterarse la cápsula microfónica, controlando las resonancias mediante «amortiguamiento» (Fig. 2.6), absorbiendo la vibración excesiva, si bien no es una solución adecuada al problema, ya que el micrófono es muy insensible y además muy difícil de fabricar, debido al pequeño tamaño de sus elementos. Una solución mucho más útil, es «la igualación acústica» que consiste en conectar a la cápsula microfónica un cuerpo que tenga sus propias frecuencias de resonancia, y esté diseñado adecuadamente para aplanar la respuesta. Dichos cuerpos pueden variar desde esferas con tubos que resuenan a diferentes frecuencias, como la construcción en «esfera y galletas», hasta sistemas muy elaborados con cajas perforadas que incorporan la cápsula en un extremo. El diseño de dichos cuerpos aumenta enormemente el coste

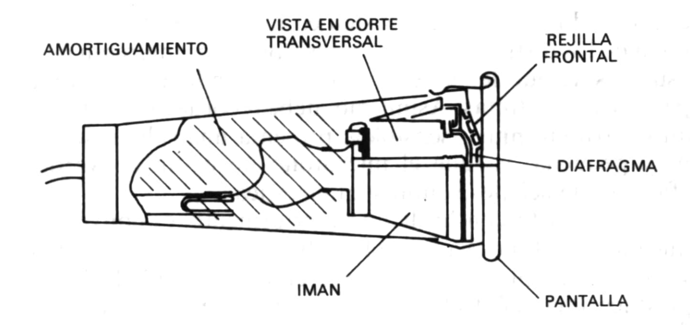


FIG. 2.6. Sección trasversal de un micrófono típico. El diafragma está protegido por una rejilla y una pantalla. La pantalla y el relleno (amortiguamiento) ayudan a reducir los efectos de las resonancias.

del micrófono y por ello los micrófonos de alta calidad son muy costosos.

Ahora que ya se ha visto el efecto que produce el montaje de las cápsulas (abierto o cerrado), y el uso del cuerpo que rodea la cápsula para corregir los efectos de la resonancia, conviene considerar los tipos de transductores que se utilizan para convertir las vibraciones mecánicas del diafragma en oscilaciones eléctricas que constituyen la señal. El comportamiento de estos transductores tiene también gran importancia en la calidad del micrófono, así como otros dos importantes factores, la sensibilidad y la impedancia del micrófono.

Sensibilidad

La sensibilidad de un transductor microfónico se mide por el cociente entre el valor de la salida eléctrica y el valor de la entrada sonora. La medida no es fácil de realizar y las cifras de sensibilidad de distintos micrófonos únicamente presentan interés para el profesional. Sin embargo, las

enormes diferencias que existen en los valores de la sensibilidad de los distintos tipos de micrófono, nos interesan como usuarios, ya que deben seleccionarse sensibilidades diferentes para tareas distintas. Asimismo, debe recordarse que incluso un micrófono muy «sensible», presenta una salida eléctrica muy pequeña, ya que el micrófono no es un convertidor eficiente de señales sonoras en eléctricas.

De acuerdo con lo dicho anteriormente, es conveniente que un micrófono sea sensible, si bien esto no es siempre una ventaja. Un micrófono que presente sensibilidad elevada, produce una señal eléctrica apreciable de un sonido muy débil que puede solaparse con un sonido elevado (este efecto se denomina «explosión»), por lo que los sonidos elevados aparecen altamente distorsionados. Este inconveniente es muy difícil de evitar si se utilizan micrófonos omnidireccionales, por lo que en este caso se observa que los micrófonos sensibles son mucho más útiles cuando son direccionales. Esto puede lograrse construyendo la cápsula como se ha indicado anteriormente o montando el micrófono en un reflector parabólico tal y como se indicará en el capítulo 9. La grabación de los sonidos de la Naturaleza constituye una aplicación importante para micrófonos muy sensibles y altamente direccionales.

No obstante, los micrófonos insensibles también tienen su utilidad. Cuando un locutor está grabando en un ambiente ruidoso, un micrófono insensible recoge muy poco ruido aunque produce una salida aceptable de la voz si el micrófono está muy cerca de los labios del locutor. Lo indicado presenta aplicaciones obvias en el caso de grabaciones realizadas en aeropuertos y lugares similares, y es también muy útil para grabaciones en las que la voz de un cantante se registra en una pista y la banda de acompañamiento sobre otra pista de la grabación. Desgraciadamente, la sensibilidad y la calidad no van asociadas, de tal modo, que normalmente los micrófonos más sensibles son aquellos que presentan la calidad más baja. No existen objeciones serias para que un micrófono sea insensible, con tal de que la señal

eléctrica pueda amplificarse, si bien existe un límite relativo a la amplificación. Este límite se establece por el ruido eléctrico que aparece en cualquier amplificador (véase Cap. 7). Si la señal del micrófono es menor que el nivel de ruido existente a la entrada del amplificador, entonces a la salida se tendrá únicamente la señal de ruido detectable, con lo que no sirve para nada la ganancia del amplificador, dado el valor tan pequeño de la señal de salida del micrófono.

Impedancia

Cualquier micrófono tiene dos terminales conectados normalmente por un cable coaxial. Uno de estos terminales es el retorno de tierra conectado por medio de la malla externa del cable coaxial al chasis del amplificador y que sirve para apantallar el cable interno de señales eléctricas parásitas procedentes de la red y de otras fuentes (tales como transmisores de radio). Por el otro terminal se transmite la señal de salida y debe apantallarse contra las interferencias, ya que está conectado a la entrada del amplificador y la señal debe amplificarse sustancialmente.

Estos dos terminales no están separados, sino conectados por dentro del micrófono, y dicha conexión presenta un valor de resistencia eléctrica medible en ohmios. En la práctica, la conexión entre terminales raras veces es un simple trozo de alambre y lo normal es que sea una bobina o incluso un condensador. Hablando rigurosamente, la conexión es una impedancia (combinación de una reactancia inductiva o capacitiva más una resistencia), y su unidad de medida es también el ohmio. La diferencia esencial entre una resistencia y una impedancia es que ésta no es constante, sino que varía con la frecuencia. La mayoría de los micrófonos más comunmente utilizados presentan una impedancia aproximadamente constante dentro del intervalo de frecuencias de audio, de tal modo que la distinción entre impedancia y resistencia no es realmente muy importante, excepto para micrófonos de cristal y de condensador.

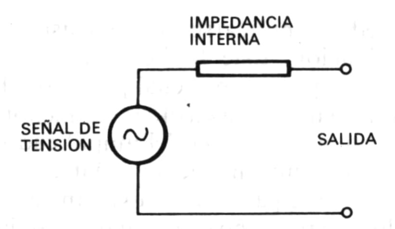


FIG. 2.7. Cualquier micrófono se comporta eléctricamente como si fuese una fuente de tensión de señal en serie con una impedancia. su impedancia interna.

Por conveniencia se suelen clasificar los micrófonos en tres tipos: de baja, media y alta impedancia. Un micrófono de baja impedancia presenta una resistencia de continua de pocos ohmios, normalmente menos de 10 Ω, medible con un ohmímetro. Un micrófono de impedancia media, presenta una resistencia de continua que oscila entre varios cientos y unos pocos miles de ohmios, y un micrófono de alta impedancia presenta una resistencia de continua de muchos miles de ohmios (incluso varios millones en los micrófonos de cristal y de condensador).

La impedancia de un micrófono está estrechamente ligada a dos factores importantes: la sensibilidad del micrófono y la impedancia de entrada (o resistencia) del amplificador que se utiliza con el micrófono. Por lo general, los micrófonos de menor impedancia son los menos sensibles; por el contrario los micrófonos de más alta impedancia son los más sensibles y se desea normalmente conectar el micrófono a un amplificador que presente una resistencia de entrada mayor o al menos igual a la resistencia del micrófono.

Adaptación de impedancias

El problema de adaptar un micrófono a un amplificador es realmente complicado para principiantes y no siempre

totalmente apreciado, incluso por aquellos más experimentados. El problema consiste en transferir la señal del micrófono al amplificador con el mínimo de pérdidas posible, así como con el mínimo de captación de señales de ruido (tales como el zumbido), y posteriormente amplificar la señal todo lo necesario. El sistema completo resulta mucho más simple si se recuerda que las señales eléctricas circulan en circuitos cerrados, y que la señal del micrófono al amplificador debe fluir por la impedancia del micrófono y la impedancia de entrada al amplificador en el circuito completo. Esto puede comprobarse en el diagrama de la figura 2.8, *a*) que indica las impedancias como resistencias y utiliza un

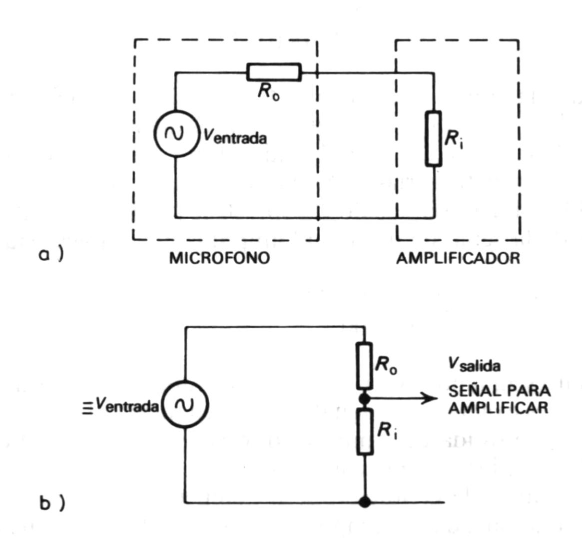


FIG. 2.8. Cuando se conecta un micrófono a un amplificador, las impedancias del amplificador y del micrófono están en serie *a*). Cuando este circuito se vuelve a dibujar en la forma *b*), se obtiene un circuito divisor de tensión usual, en el que

$$V_{salida} = V_{entrada}\, R_i/(R_i + R_0)$$

símbolo circular para el generador de señal de tensión V_{salida}. Ahora bien, este circuito puede dibujarse de nuevo en la forma más conocida de la figura 2.8, *b*) que es un divisor de tensión, en el que la tensión de salida vale:

$$V_{salida} = V_{entrada} R_i/(R_i + R_0)$$

Por ejemplo, supóngase que la impedancia del micrófono R_o vale 10 000 Ω (10 kΩ) y que la resistencia de entrada R_i vale 1000 Ω (1 kΩ). Si la señal $V_{entrada}$ del micrófono es de 50 μV (50 microvoltios), entonces el valor de la señal que llega al amplificador es

$$\frac{50 \times 1000}{11\,000}\ \mu\text{V}$$

lo que da aproximadamente 4,5 μV. En este ejemplo el valor de la señal que llega a la entrada es menor que la décima parte de la señal de salida del micrófono —lo que no es una solución satisfactoria—. Si la resistencia de entrada del amplificador hubiese sido de 50 000 Ω (50 kΩ), entonces el valor de la señal de llegada al amplificador hubiese sido de

$$\frac{50 \times 50\,000}{60\,000}, \text{ alrededor de } 42\ \mu\text{V}$$

lo cual es mucho mejor. Cuando la impedancia del amplificador es exactamente igual a la impedancia del micrófono, la señal de salida del amplificador es igual a la mitad de la señal de salida del micrófono.

Por tanto, la condición para obtener un valor mayor de señal a la entrada del amplificador es que la impedancia de entrada del mismo sea mucho mayor que la impedancia del micrófono. No obstante, esto no asegura siempre una salida de óptima calidad, ya que algunos micrófonos contienen circuitos eléctricos diseñados para corregir resonancias y tienen que conectarse a un amplificador cuya

impedancia queda preestablecida en el folleto de instrucciones del micrófono. En dichos casos, siempre puede utilizarse un amplificador con mayor impedancia de entrada y conectar una resistencia en paralelo con la entrada, con el fin de conseguir una impedancia de entrada total correcta para el micrófono. Sin embargo, raras veces se utiliza. La conexión que debe evitarse es la de un micrófono de alta impedancia, como uno de cristal o de condensador, con un amplificador de baja impedancia de entrada.

La mayoría de las dificultades que aparecen se deben a micrófonos con impedancias muy elevadas o muy bajas. Los micrófonos de cristal con impedancias muy elevadas, deben conectarse a amplificadores con impedancias también muy elevadas (1 MΩ o más) o a circuitos especiales adecuados para estos micrófonos, si se quieren conseguir salidas grandes de los mismos. Dado que es más sencillo construir amplificadores transistorizados con valores intermedios de la impedancia de entrada (10-50 kΩ), se utilizan muy poco dichos micrófonos a menos que sea accesible una entrada adecuada. Por el otro lado de la escala de calidad, los mejores micrófonos de cinta presentan impedancias muy bajas (de fracciones de ohmio), y niveles de salida muy bajos. Los niveles de salida de los micrófonos de cinta son tan bajos, que incluso un amplificador perfectamente diseñado puede tener problemas por su elevado nivel de ruido, y podemos superar esta dificultad utilizando un transformador de adaptación. Este transformador tiene un arrollamiento primario de baja impedancia y un arrollamiento secundario de impedancia intermedia, con lo cual se eleva la tensión de salida del micrófono en un factor próximo a 50 y adapta también perfectamente la señal con un amplificador cuya impedancia de entrada oscile entre 20 y 50 kΩ. Algunos micrófonos de baja impedancia llevan incorporado el transformador de adaptación; no obstante, es también posible que el transformador esté situado dentro del amplificador, con lo cual las conexiones entre el micrófono y el transformador poseen una impedancia muy baja,

y en consecuencia, es menos probable que el sistema capte zumbidos u otras señales de interferencia.

Resumen de las reglas de adaptación de un micrófono

1) Conéctese el micrófono a la impedancia del amplificador recomendada o a un valor lo más próximo posible.
2) Si el fabricante del micrófono no hace ninguna recomendación concreta, conéctese a un amplificador cuya impedancia sea bastante mayor que la del micrófono.
3) Los micrófonos de condensador, de cristal, y de electret, deben conectarse a un amplificador de muy alta impedancia de entrada o a una entrada diseñada para tales micrófonos.
4) Los micrófonos de cinta y otros de muy baja impedancia, necesitan un transformador de adaptación (tal como el tipo 217-747 de RS Components) conectado a un amplificador cuya impedancia de entrada sea de 20-25 kΩ.

Tipos de transductores

Recuérdese que el tipo de transductor utilizado en un micrófono, debe convertir las vibraciones del diafragma del micrófono en señales eléctricas. Los diversos transductores que pueden utilizarse para este propósito, afectan a la sensibilidad, la calidad y la impedancia de la cápsula microfónica.

Los micrófonos de cristal utilizan cristales de materiales, tales como el titanato de bario. Se cubren con plata los lados opuestos de cristal y se hacen las conexiones a la plata, de donde se obtienen los terminales de salida. Cuando un cristal de este tipo se dobla o tuerce muy ligeramente, el despla-

zamiento de sus átomos origina una tensión que aparece entre los contactos de plata, con lo que se obtiene una señal eléctrica de un movimiento mecánico (efecto piezoeléctrico). Puede hacerse uso de lo indicado montando un borde del cristal sobre el cuerpo del micrófono y conectando el otro al diafragma, con lo cual los pequeños movimientos del diafragma tuercen muy ligeramente el cristal y originan señales eléctricas. Dado que el cristal es un aislante, su impedancia es muy elevada. La tensión de salida es también muy elevada comparada con la de otros micrófonos, aunque normalmente la calidad es baja, ya que el comportamiento del cristal no es totalmente predecible. Otro tipo de micrófono de cristal, el denominado tipo de celda-sonora, utiliza dos placas de cristal selladas alrededor de los bordes del mismo, lo que forma una caja con una placa que actúa como diafragma. La calidad de este tipo de micrófono es mejor, pero la señal de salida es menor. Su impedancia es muy elevada.

Los micrófonos de condensador del tipo tradicional se utilizan muy poco en la actualidad; no obstante, existen algunos en producción de elevada calidad. Su principio de funcionamiento se basa en el cambio de tensión entre dos placas de un condensador cargado, cuando se cambia la distancia entre dichas placas. En los micrófonos de condensador tradicionales (en la actualidad escasos), las placas metálicas están muy próximas entre sí y una de ellas es muy delgada para que sirva de diafragma. Se conecta una placa a tierra (Fig. 2.9) y la otra a la entrada del amplificador, a través de un condensador que está conectado también a una tensión elevada de polarización, en serie con una resistencia de valor elevado. Cuando vibra el diafragma, los cambios de la distancia entre placas originan cambios de tensión que constituyen la señal de salida, supuesto que el tiempo entre vibraciones es pequeño comparado con el tiempo necesario para cargar las placas del condensador a través de la resistencia. Se requieren altas tensiones (300 V aproximadamente) y valores muy elevados de la resistencia (5,6 MΩ o

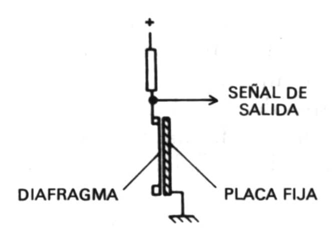


FIG. 2.9. Principios del micrófono de condensador. Se conectan la placa fija a tierra y el diafragma a través de una resistencia de valor elevado a una tensión también elevada, la tensión de polarización. La señal de salida se obtiene de la conexión del diafragma.

más) y el amplificador debe poseer una resistencia de entrada muy elevada. Si se utilizan resistencias de entrada bajas, el sonido grabado resulta defectuoso en notas bajas. La calidad puede ser muy buena, ya que el diafragma es la única parte movible.

Un descubrimiento más reciente es el micrófono de electret. El electret es un material que presenta una carga eléctrica constante (análogo a un imán que tenga un campo magnético constante). Utilizando una película delgada de dicho material (normalmente se utilizan películas de plástico especialmente preparadas) recubierta con aluminio sobre el que puede hacerse un contacto, puede fabricarse un micrófono de condensador que no necesite resistencia ni tensión de polarización. Se hacen las conexiones de la siguiente forma: una al diafragma metalizado y la otra a la parte posterior de un metal situado muy próximo y paralelo al diafragma, como en el micrófono de condensador tradicional. La impedancia es muy elevada, su salida bastante alta y la calidad puede ser buena.

La mayoría de los micrófonos en uso hoy en día, para grabación de sonidos de calidad, son electrodinámicos, lo que significa que se obtiene la señal eléctrica moviendo un material conductor a través del campo de un imán. Los

micrófonos de bobina móvil, como su nombre indica (Fig. 2.10, *a*), utilizan una bobina fijada al diafragma y situada en el campo de un imán. La vibración del diafragma origina una pequeña señal de tensión que se induce en la bobina. La impedancia es bastante baja, la salida es baja y la calidad es pobre, a menos que se corrijan las múltiples resonancias mediante el diseño de una carcasa adecuada. Existen varios diseños de muy alta calidad, algunos con salidas de muy baja impedancia y otros con transformadores de adaptación incorporados que aseguran mayor impedancia y señal de salida.

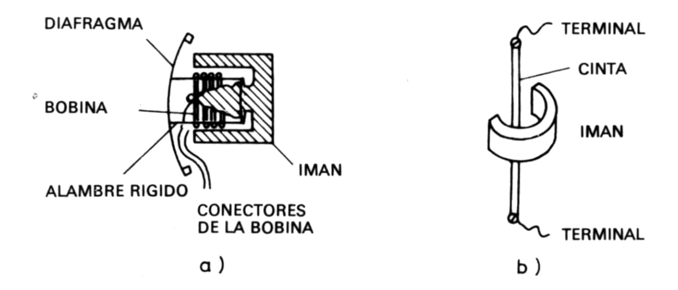


FIG. 2.10. Principios del micrófono electrodinámico: *a*), unidad de bobina móvil. Las vibraciones del diafragma pasan al alambre rígido, que a su vez se transfieren a la bobina. Dado que la bobina se encuentra entre los polos de un imán, la vibración de la misma induce en ella una señal eléctrica; *b*), principio del micrófono de cinta. Se coloca una cinta metálica delgada entre los polos de un imán. La vibración de la cinta por una onda sonora produce una señal débil que se induce en la cinta.

Los micrófonos de cinta son un tipo especializado de micrófonos electrodinámicos (Fig. 2.10, *b*), en los que se utiliza una cinta de plástico metalizada o metal, en lugar del diafragma y de la bobina. Dado que la cinta es extremadamente ligera, la velocidad de operación es correcta,

aunque la señal de salida es muy baja, así como la impedancia. Se necesita siempre un transformador de adaptación, si bien la calidad es excelente y se obtiene la respuesta polar típica de figura en ocho, que puede transformarse en cardioide, mediante un diseño adecuado. Los micrófonos de cinta se dañan fácilmente por manejo brusco, por soplar en la cinta y por el viento, por lo que es preferible utilizarlos dentro de un estudio. No obstante, pueden diseñarse protecciones adecuadas contra el viento y el aliento, y uno de los más perfectos micrófonos existentes de comentario exterior es un micrófono de cinta.

3

DESARROLLO DE LOS MAGNETOFONOS

El inventor del magnetófono, si es que puede designarse a un solo hombre como inventor de cualquier proceso, parecer ser que fue Valdemar Poulsen, un danés que en 1898 publicó unos trabajos sobre una máquina que él denominó *telegráfono*, una especie de máquina de contestación telefónica-automática. De los dibujos y bosquejos hechos en aquel tiempo, parece deducirse que los principios de operación que usó fueron ciertamente los correspondientes a los magnetófonos, aunque naturalmente importantes características de los aparatos actuales no estaban incluidas.

La máquina de Poulsen utilizaba un cable de acero como material de grabación (Fig. 3.1) y este cable se mantenía enrollado sobre un largo cilindro. La cabeza grabadora/reproductora, estaba sujeta a un estrib que giraba a una velocidad uniforme, mediante un motor de relojería y desplazaba el cilindro hacia arriba por la acción de empuje del hilo contra la cabeza: este dispositivo tan simple constituyó el primer equipo de grabación.

A diferencia de los micrófonos que poseen los actuales magnetófonos, el usado en el telegráfono era un micrófono de carbón de tipo telefónico, construido para dar una gran señal de salida. El modelo de micrófono utilizado en aquel tiempo (y todavía hoy en uso, aunque está siendo desplazado

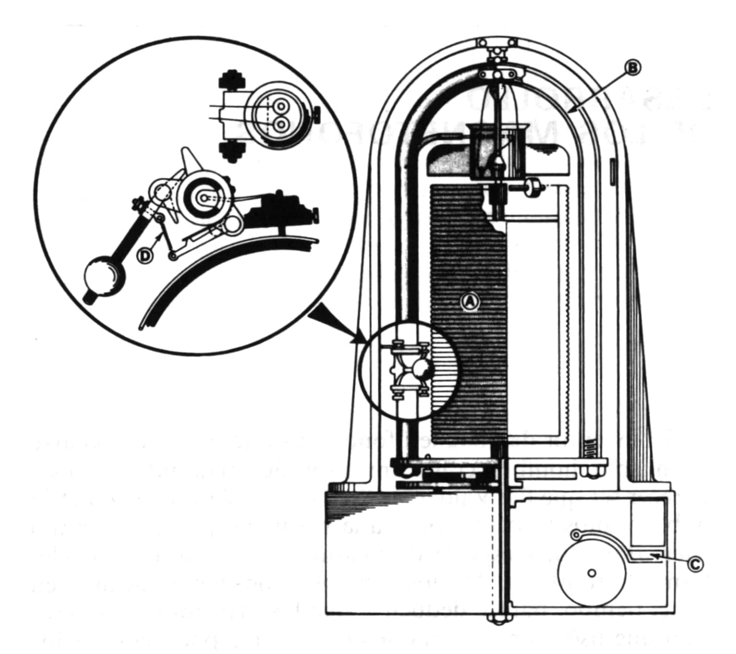


FIG. 3.1. Parte del dibujo de la patente de Poulsen. El tambor *A* está fijo y el estribo *B* está girando. La cabeza consiste en un electroimán en forma de herradura que se pone en contacto con el cable por la fuerza centrífuga del volante, a medida que gira el estribo (véase dibujo ampliado). Un muelle aleja la cabeza del cable cuando el estribo se para (Cortesía de Wireless World).

por los micrófonos de electret), contenía gránulos de carbón retenidos en una caja por un diafragma. Los gránulos de carbón son conductores de la electricidad, pero su resistencia depende mucho de lo comprimidos que estén entre sí. En estos micrófonos se aplica una tensión a través de la capa de carbón utilizando una batería, y la corriente que circula constituye la señal. Cuando una onda sonora choca con el diafragma, su efecto será tirar y empujar alternativamente

del diafragma, lo que da lugar a que los gránulos de carbón se compriman y expandan alternativamente. A su vez, este proceso cambia la resistencia de la capa de carbón y la hace alternativamente alta o baja: alta cuando los gránulos están comprimidos y baja cuando los gránulos no lo están. Dado que la tensión existente en la capa de carbón es estacionaria, la corriente que circula por la misma es grande cuando la resistencia es baja y pequeña cuando la resistencia es alta. Por consiguiente, el micrófono de carbón transforma una onda sonora en una señal de corriente eléctrica de la misma longitud de onda y frecuencia y da más señal de corriente de salida que cualquier otra clase de micrófono.

Este último punto es la razón de la supervivencia del micrófono de carbón hasta nuestros días. En el siglo XIX no existían amplificadores, y la señal de salida del micrófono telefónico debía ser suficientemente grande para actuar directamente sobre el auricular telefónico y, por tanto, la comunicación a larga distancia era imposible, a menos que la salida del micrófono fuese lo suficientemente grande para superar las pérdidas que se producen a lo largo de muchos kilómetros de cable.

Esta fue la razón de la simplicidad de los dispositivos de grabación del telegráfono. El micrófono, la batería y la bobina de la cabeza grabadora estaban en serie, por lo que las señales de corriente originadas por los sonidos que llegaban al micrófono atravesaban la bobina de la cabeza grabadora creando una señal magnética en donde el cable de acero rozaba con la cabeza. Unicamente un micrófono de carbón podía lograrlo sin necesidad de amplificación.

Reproducción

Los problemas de reproducción fueron mucho más serios. La cabeza debe retornar al comienzo del cable del cilindro y el cilindro ponerse en movimiento de nuevo. Ahora el micrófono se desconecta y el proceso de operación se

invierte. Cuando cualquier imán se mueve cerca de una bobina, se genera una tensión en los terminales de la misma. Esto se denomina inducción electromagnética y a primera vista parece ser la operación inversa de la acción de un electroimán. Sin embargo, las primeras impresiones fueron decepcionantes para los pioneros en este campo, y el concepto importante aquí es que una corriente estacionaria que circula por una bobina origina un campo magnético estacionario, pero únicamente un campo magnético variable induce una tensión.

Cuando el cable de acero se mueve cerca de la bobina de nuevo, se induce una tensión alterna sobre ella. La razón de ello reside en que el cable de acero está magnetizado diferentemente en lugares distintos. Por ejemplo, imagínese que la grabación sonora ha originado en el cable magnetizado una distribución como la indicada en la figura 3.2. En dicha figura un imán apuntando en una dirección representa el magnetismo grabado originado por el pico de una onda sonora; en el otro esquema de la misma figura el imán apunta a la dirección opuesta, lo que representa la depresión de la onda. Si se mueve el cable grabado cerca de la bobina,

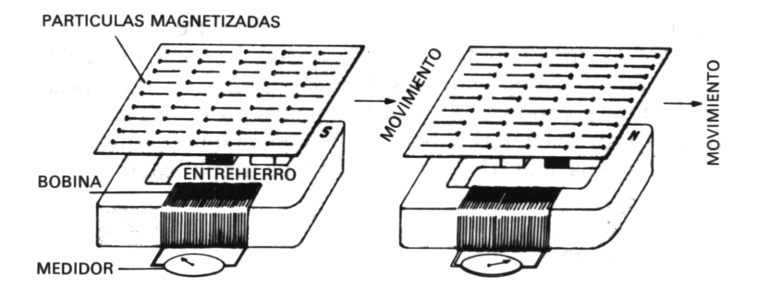


FIG. 3.2. Inducción. Si se mueven las partículas magnetizadas cerca de una bobina, la tensión inducida en la misma depende de la magnitud y dirección del magnetismo y de la velocidad del movimiento.

los cambios en la dirección del magnetismo en el cable originan cambios de tensión que se inducen en la bobina y precisamente estos cambios de tensión constituyen la señal de salida.

Desgraciadamente, esta señal de reproducción presenta una amplitud muy pequeña. Ahora bien, puede detectarse conectando unos auriculares sensibles a la bobina de reproducción, aunque se necesita amplificación si quiere oirse claramente o si va a ser escuchada por más de un oyente. Por desgracia, en la década de 1890 no era posible efectuar amplificación y fue precisamente esta dificultad, más que cualquier otra, la que hizo inaceptable el telegráfono como rival del cilindro fonográfico de disco inventado por Edison en aquel tiempo y que ya era bien conocido. Así, una máquina de cilindro de disco primitiva puede producir una salida sonora a través de una bocina grande de micrófono antigua, que es adecuada para una habitación en silencio y, sin embargo, no era posible entonces obtener dicha salida de un grabador de cable.

El telegráfono cayó en desuso durante un cierto tiempo, pero trabajos posteriores de Blattner, y particularmente del alemán Stille, mantuvieron vivos los principios de la grabación magnética. Desde la primera parte de este siglo se utilizaron cables de acero en dictáfonos, y en la década de los treinta los grabadores desarrollados por Stille en Alemania y por Marconi en Gran Bretaña fueron ampliamente utilizados por los profesionales de la radio. No obstante, los avances más importantes se produjeron durante e inmediatamente después de la segunda guerra mundial.

Inconvenientes

Los problemas de los primitivos magnetófonos de cable de acero no residían únicamente en la baja señal de salida en reproducción. Los cables de acero no son magnéticamente ideales para propósitos de grabación y capas de cables de

acero enrolladas fuertemente sobre un carrete, tienden a desmagnetizarse entre sí. Asimismo, si el cable de acero tiene que enrollarse y desenrollarse fácilmente de los carretes, debe ser estrecho, lo que implica que el valor de la señal que se obtiene en reproducción sea muy pequeño, ya que sólo pasa una pequeña cantidad de material magnetizado por la cabeza reproductora. Por ejemplo, si imaginamos que el cable consiste en un grupo de diminutos imanes, es obvio que habrá menos cantidad de imanes en el cable delgado que en el grueso, por lo que la señal de reproducción será menor. Estos dos puntos hacen que cualquier tipo de grabador o magnetófono de cable resulte insatisfactorio, y no se consiguió el desarrollo completo de los magnetófonos hasta que no fue inventado el tipo moderno de cinta, como se explicará en el capítulo 5.

Asimismo, problemas mecánicos contribuyeron también al lento desarrollo de los magnetófonos. Idealmente, se desea poder mover la cinta rápidamente cerca de las cabezas cuando se graban altas frecuencias, y lentamente cuando se graban bajas frecuencias, pero lógicamente esto nunca se ha logrado. Una solución de compromiso es hacer que la cinta pase cerca de la cabeza con una velocidad constante, pero esto, aunque era bastante simple en la máquina de Poulsen, resultó extremadamente difícil de realizar en las máquinas primitivas que utilizaban carretes. Cuando se carga un carrete a una velocidad constante, la cinta no se mueve a velocidad constante, ya que cuando parte de la misma se ha enrollado en el carrete, el diámetro de éste es mayor y, por consiguiente, se enrolla más cinta en cada vuelta. Si el carrete enrollador funciona a velocidad constante, como ocurría en los primitivos magnetófonos de doble carrete y en muchos dictá-onos modernos, la velocidad de la cinta, cuando pasa cerca de la cabeza, es mayor cuando el carrete está casi lleno que cuando está casi vacío.

Como se verá en el capítulo 4 los magnetófonos modernos utilizan un eje de arrastre y un volante de presión que aseguran velocidades de la cinta constante, si bien esta

solución no es totalmente satisfactoria para los grabadores de cable, y es precisamente esta última razón la que ha originado el declive y la eventual desaparición de los grabadores de cable. Si se realiza la reproducción siempre sobre una máquina idéntica y los carretes de las cintas están estandarizados como en el caso de los dictáfonos, el funcionamiento con carretes puede dar resultados razonables para reproducir palabra, pero no música.

Polarización

Uno de los principales problemas de los magnetófonos, inconscientemente resuelto por Poulsen, originó, sin embargo, posteriores problemas. El problema a que nos referimos consiste en el extraño comportamiento de un imán permanente como el que se usa para cable o cinta, cuando es magnetizado. Como ya se ha indicado en el capítulo 1, si está presente un pequeño valor de la intensidad del campo magnético procedente de la cabeza de grabación, entonces no queda densidad de flujo en la cinta cuando la corriente que circula por la cabeza se anula o cuando la cinta continúa moviéndose desde la cabeza. Para valores elevados de la intensidad del campo magnético, la cinta se magnetiza permanentemente por lo que ésta quedará magnetizada hacia la izquierda si se aleja de la cabeza. Sin embargo, si se utilizan valores muy elevados de la intensidad del campo magnético, haciendo pasar grandes corrientes por la bobina de la cabeza de grabación, sabemos que la cinta magnética se satura, y valores distintos de la corriente producen la misma señal sobre la cinta.

Si se utilizan los sistemas que hemos señalado hasta ahora para grabar sonido, se encuentran dos fuentes de distorsión importante, lo que significa que la señal magnética grabada tiene una forma distinta de la eléctrica que se ha grabado. Una fuente de distorsión es que no se graban en absoluto las porciones de pequeña amplitud de las señales, por lo que las señales muy débiles no se graban y señales

muy grandes tienen su forma distorsionada (Fig. 3.3). La otra fuente de distorsión es la saturación, por lo que se graban grandes señales con sus picos aplanados, ya que las amplitudes mayores se graban con la misma densidad de flujo remanente sobre la cinta.

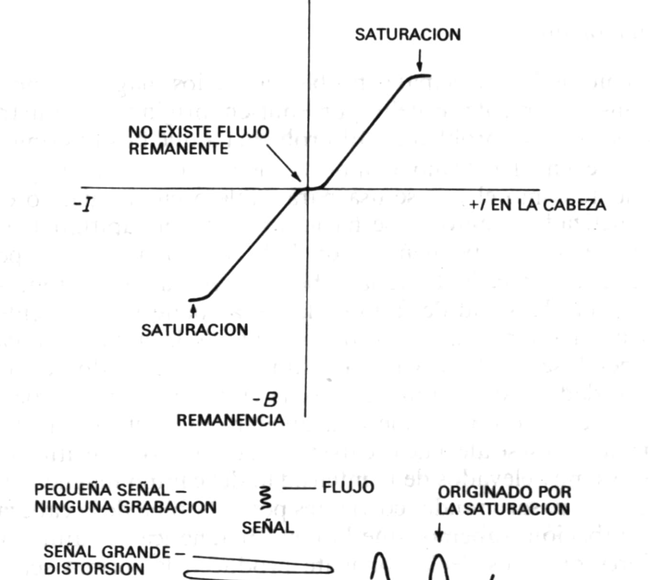


FIG. 3.3. **Gráfica de la densidad de flujo remanente *B* frente a la corriente magnetizante *I*. Las corrientes magnetizantes muy pequeñas no producen ninguna densidad de flujo permanente; corrientes muy elevadas originan saturación. La parte de esta gráfica comprendida entre estos dos extremos puede utilizarse para grabación magnética.**

La solución obvia a estos problemas consiste en asegurar que la intensidad del campo en la cabeza de grabación no sea nunca menor que el mínimo necesario para magnetizar la cinta, ni mayor que el valor que origina la saturación de la cinta. Esto implica que debe existir una señal magnetizante incluso en el caso en que no se esté grabando nada; dicho sistema se denomina sistema de polarización y es un método usual en circuitos electrónicos actuales.

Parece improbable que Poulsen conociese la necesidad de la polarización; sin embargo, su grabador poseía polarización. En su máquina la polarización estaba presente, ya que la cabeza de grabación estaba conectada en serie con el micrófono de carbón y la batería, por lo que siempre circulaba corriente por las bobinas de la cabeza de grabación. Esta corriente nunca se anulaba, por lo que la intensidad del campo magnético en la cabeza era suficiente para producir la necesaria magnetización del cable. Lo que no podemos saber es si la máquina de Poulsen resolvió el problema de la saturación, ya que ignoramos la corriente máxima que circulaba por el micrófono de su máquina. De cualquier forma, la calidad sonora de un micrófono de carbón es tan pobre (de aquí la mala reproducción de los mensajes telefónicos) que es dudoso conocer cuál sería el origen de la distorsión de su máquina, si la saturación o la falta de polarización apropiada para este caso.

Polarización de corriente continua

Sin embargo, los magnetófonos posteriores fueron capaces de utilizar amplificadores y micrófonos de mejor calidad y la necesidad de empleo de algún sistema de polarización para superar el problema de la región «sin magnetización» se hizo más urgente. El método más sencillo de aplicación de dicha polarización, consiste en aplicar una corriente estacionaria que circule a través de la cabeza de grabación simultáneamente a la corriente variable (señal).

Este método se denomina polarización en corriente continua y produce una mejora perceptible en la calidad del sonido reproducido; se utiliza incluso hoy en los grabadores de cassette más económicos y en dictáfonos. No obstante, este método es insatisfactorio por dos motivos: un problema consiste en que el valor de la polarización debe ser suficiente para magnetizar la cinta a aproximadamente la mitad del nivel de saturación, en ausencia de señal. Esto es necesario porque, cuando se aplica una señal, los picos se suman al nivel estacionario y las depresiones se restan del nivel estacionario (Fig. 3.4). Si el valor de la corriente de polarización estacionaria es el correcto, el valor máximo de la señal que

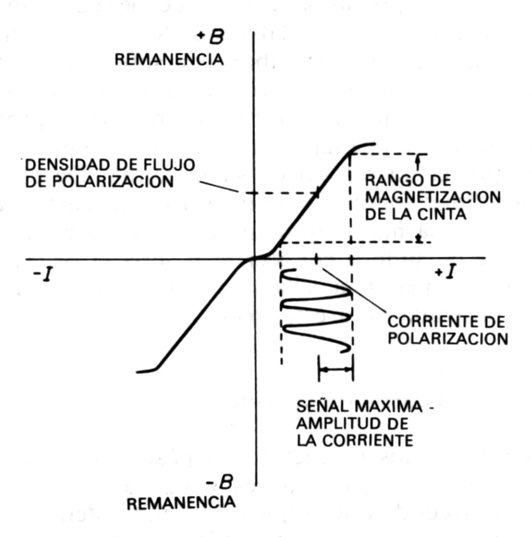


FIG. 3.4. Utilización de la polarización de corriente continua. La corriente de polarización sola magnetiza la cinta hasta la mitad de la parte util de la gráfica. Puede sumarse ahora a esta corriente estacionaria la señal, con lo que los picos de la misma oscilan entre los límites de la corriente correspondientes a densidad de flujo cero y a saturación.

puede grabarse será su pico en el nivel de saturación y su depresión o mínimo en el nivel en el que la cinta empieza a magnetizarse. Salvo que se disponga de un material para la cinta que presente una densidad de flujo magnético con un intervalo excepcionalmente amplio entre los dos niveles mencionados, se encuentra que el valor (amplitud) de la señal que puede grabarse es muy limitado.

El valor limitado de la señal origina otro problema que es todavía más perceptible. Si una cinta virgen (sin magnetizar) se hace pasar por la cabeza reproductora del magnetófono con el control de volumen situado al máximo, se escucha en el altavoz un silbido constante. Esto se denomina «silbido de cinta», o ruido de cinta, y se debe a la señal que recoge la cabeza por no estar perfectamente desmagnetizada.

Cuando pasa una cinta por la cabeza de grabación con ninguna señal presente pero existiendo la corriente estacionaria de polarización, el ruido de cinta que se escucha cuando se reproduce dicha cinta es mucho mayor. La razón de ello reside en que el efecto de la polarización estacionaria no es exactamente el mismo sobre todas las partículas magnéticas de la cinta, ya que algunas se ven más afectadas que otras, y estas diferencias aparecen como una señal cuando se efectúa la reproducción de la cinta. Esto constituye una señal de ruido.

Este ruido de cinta es uno de los problemas más difíciles de resolver en grabación; por ello se ha dedicado todo el capítulo 7 a describir los métodos especializados que reducen los efectos del ruido de cinta en grabaciones domésticas.

Por tanto, los sistemas de polarización de corriente continua presentan dos limitaciones; como se ha descrito, el valor de la señal que puede grabarse se encuentra limitado por la polarización y el nivel de ruido originado por la polarización es muy elevado. Se combinan los efectos de estas dos limitaciones sobre la cinta, mediante la llamada relación señal ruido* (S/N). La relación señal ruido es el

* *N. del T.*: Las letras que aparecen en la expresión (S/N) corresponden a las iniciales inglesas de señal (signal y ruido (noise).

cociente entre la amplitud de la señal deseada y la del ruido no deseado, situando el control de volumen en el mismo lugar. Obviamente, si la amplitud de la señal es pequeña y la del ruido elevada, el valor de S/N es bastante bajo (Fig. 3.5). Se considera razonable un valor de la relación S/N igual a 1000, lo que significa que la señal de tensión debe ser 1000 veces superior a la señal de ruido. Incluso para este valor (normalmente se escribe como 60 dB; véase Cap. 6), el silbido de cinta puede ser perceptible en equipos de alta calidad. Magnetófonos de cassette de bajo coste que utilizan polarización de corriente continua pueden presentar cifras para el valor S/N tan bajas como 20-30 (26-29 dB), si bien dichos magnetófonos no se suelen utilizar más que para reproducir cassettes pregrabadas de antemano.

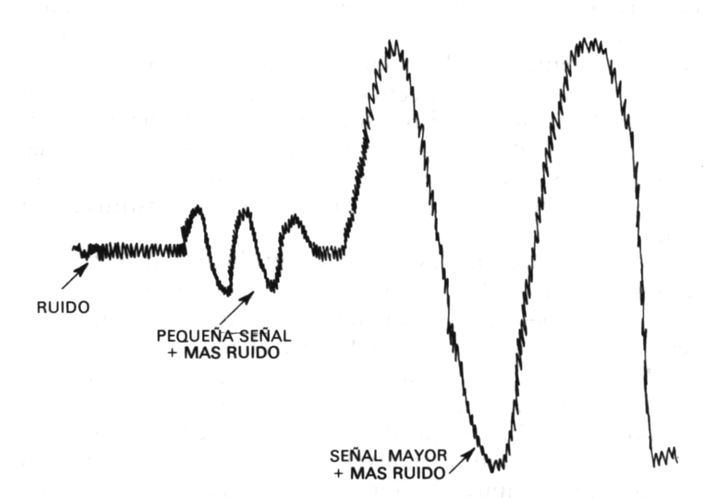


FIG. 3.5. Señal y ruido. El nivel de ruido de una cinta es un valor fijo para una cinta dada y una grabadora; por tanto, para obtener buenos resultados debe tenerse siempre una amplitud de la señal mucho mayor que la del ruido, lo que conduce a valores elevados de la relación señal/ruido.

Polarización de corriente alterna

La invención de la polarización de corriente alterna, que se remonta a 1918, fue un gran paso en la mejora de la calidad sonora de los magnetófonos. La idea consiste en impedir que se utilice la zona «muerta» de la curva de magnetización, en donde la intensidad del campo magnético de la cabeza grabadora no presenta ninguna magnetización permanente en la cinta. Su realización práctica consiste en hacer pasar una señal de alta frecuencia por las bobinas de la cabeza de grabación, además de la señal de corriente que se desea grabar. Si imaginamos únicamente la corriente de polarización presente, la cinta en contacto con la cabeza está siendo magnetizada hasta el punto donde el campo dejaría a la cinta magnetizada si se desconectase la polarización. La novedad del sistema consiste en que la polarización es una señal cuya frecuencia es mucho más elevada que la máxima frecuencia de audio que podemos escuchar; en la actualidad se suelen utilizar alrededor de 90 kHz para la señal de polarización, que es un valor muy elevado si se compara con los aproximadamente 15 kHz que constituye el límite superior del oído humano. Por tanto, en lo que se refiere a los cambios en la señal de audio, la cinta parece encontrarse siempre en el umbral de ser magnetizada.

Sin embargo, dado que la señal de polarización es de corriente alterna, los picos de la misma llevan a la cinta a las dos regiones de magnetización. Por consiguiente, puede añadirse una señal de audio, cuyos picos lleven a la magnetización de la cinta a la saturación magnética en una dirección y cuyas depresiones lleven a la cinta a la saturación en la dirección opuesta, tal y como se ilustra en la figura 3.6.

Puede grabarse de esta forma una amplitud de la señal mucho mayor sobre la cinta, dos veces superior a la que es posible utilizando polarización de corriente continua; además, el ruido originado por la débil señal de polarización alterna, es mucho menor que el que aparece en el caso de

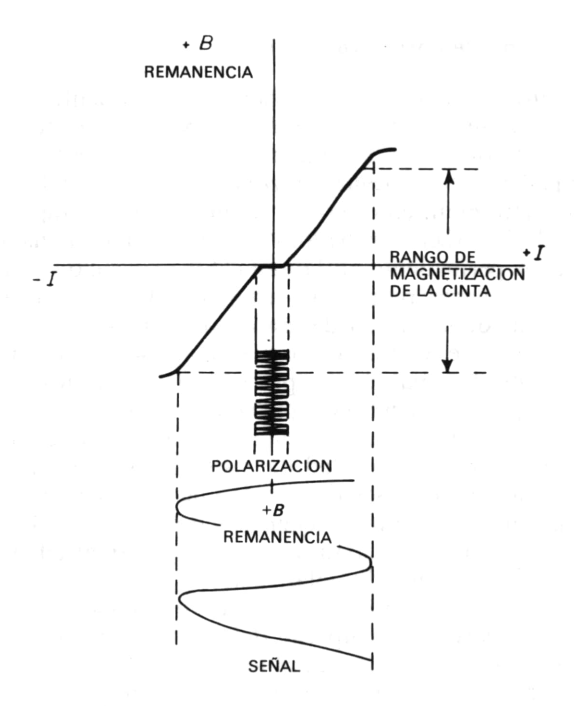


FIG. 3.6. Utilización de polarización de corriente alterna. La señal de polarización de corriente alterna tiene una frecuencia mucho más elevada que la señal de audio y «llena» la parte central de la gráfica. La señal puede grabarse sobre las porciones rectas a cada lado del centro de la gráfica, lo que da un rango de señal mayor.

polarización de corriente continua. El efecto global es que la relación S/N se mejora enormemente y además disminuyen los niveles de distorsión correspondientes.

Dado que la polarización consiste en una señal de alta frecuencia, no existe ninguna huella medible sobre la cinta cuando ésta se reemplaza. Por ello este proceso a veces se denomina polarización supersónica, lo que significa que

es de una frecuencia mayor que la frecuencia sonora máxima que el oído puede percibir y, asimismo, aparece una mejora adicional que consiste en que puede usarse la misma onda para borrar una cinta grabada. Por consiguiente, bien merece la pena la generación de esta señal de polarización de alta frecuencia, a pesar de la complicación extra que reside en la fabricación de un oscilador; por ello, conviene que utilicen este sistema todos los magnetófonos excepto los de muy bajo precio.

Borrado

Las cintas pueden borrarse de varias formas. Una forma brusca de hacerlo consiste simplemente en magnetizar la cinta tan fuertemente que ésta llegue a la saturación, de forma que se pierdan las variaciones que originan la señal grabada. Este proceso es muy sencillo, pero indeseable si se quiere volver a utilizar la cinta, ya que una cinta saturada permanece permanentemente magnetizada y no puede grabarse de nuevo, salvo que se haga desaparecer su magnetismo. Un método mucho mejor es el borrado de corriente alterna. Los principios del mismo se señalaron bajo el título de «Desmagnetización» en el capítulo 1; y consiste en utilizar corriente alterna alimentando a una cabeza de borrado independiente. A medida que la cinta pasa sobre la cabeza, la señal de corriente alterna en las bobinas de la cabeza de borrado llevan a cada partícula del material magnético a un ciclo de histéresis completo que se recorre muchas veces. Dado que el material magnético se satura dos veces en cada ciclo para los valores mayores del campo, se pierde toda la información grabada, y como la cinta se aleja de la abertura de la cabeza de borrado, el campo se va haciendo más débil, hasta que al fin el nivel del mismo es tan bajo que deja a la cinta desmagnetizada. Dado que se utiliza la misma señal de alta frecuencia tanto para borrado como para polarización, no queda sobre la cinta ninguna señal audible.

Cabezas y velocidades de las cintas

Hasta ahora hemos dicho muy poco sobre la forma y construcción de las cabezas de cinta. Idealmente, una cabeza de cinta debe tener una forma tal que puede entregarse al material de la cinta el valor máximo posible del campo magnético. Para entender lo indicado, necesitamos añadir a continuación ciertos conocimientos sobre flujo magnético. Cuando se utilizan limaduras de hierro para trazar las líneas de flujo de un imán, lo que se observa es el dibujo de las líneas de flujo en el aire. Pero el aire no es un material ferromagnético, y se sabe que es difícil producir valores elevados del flujo magnético en el aire. De hecho, el flujo magnético se comporta como una corriente eléctrica y prefiere circular por caminos de materiales adecuados.

Los materiales magnéticos suaves constituyen caminos ideales para el flujo, por lo que un anillo de material magnético con una bobina enrollada sobre el mismo, presenta un valor mucho más elevado del flujo magnético que la misma bobina enrollada en una barra recta (Fig. 3.7, *a*) y por la

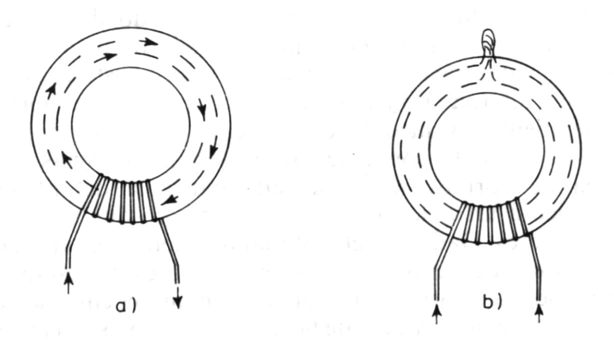


FIG. 3.7. Flujo en un material magnético: *a*), el flujo permanece en el interior del anillo en el caso de un anillo cerrado de material ferromagnético; fuera del mismo se detecta muy escaso flujo; *b*), el flujo escapa por el aire en la abertura del anillo.

que circule la misma corriente; la razón de ello se debe a que el flujo en la barra recta debe circular también a través del aire. No obstante, las agujas de una brújula y las limaduras de hierro, muestran pequeños trazos del flujo en imanes en forma de anillo, por la sencilla razón de que el flujo se encuentra dentro del material y prefiere permanecer dentro. Si se desea utilizar este flujo para magnetizar una cinta, debe conseguirse que la cinta forme parte del anillo, y la forma más fácil de conseguirlo consiste en cortar el anillo para formar una pequeña abertura, de modo que el flujo en dicha abertura puede magnetizar la cinta.

Esta abertura tiene otra utilidad. Si se hace pasar una corriente por una bobina, que está enrollada alrededor de un anillo de material magnético suave, se observa que el material del anillo puede llevarse a la saturación con una pequeña corriente en la bobina. Esto es debido a que el anillo constituye un camino fácil para el flujo, por lo que se generan valores muy elevados de flujo. Si se hace una pequeña abertura en el anillo, el valor del flujo producido por la misma corriente es mucho menor y ya no es tan fácil saturar el material. Esto es importante, ya que las consecuencias de saturar el material de la cabeza de grabación son tan desfavorables como las de saturar el material de la cinta —distorsión importante de las señales de mayor amplitud (más fuertes).

Una cabeza de grabación eficiente consiste, por tanto, en un anillo no necesariamente circular, de un material magnético suave, con una pequeña abertura de aire, en la que el flujo tenga el valor suficiente para magnetizar la cinta (Fig. 3.7, *b*). Por supuesto, esta abertura de aire no debe ser demasiado grande, pues de otra forma el flujo a través de la misma sería demasiado pequeño.

Existe otra buena razón para construir la abertura muy pequeña. Si se piensa en la cabeza de la cinta como si fuese un imán en forma de herradura, entonces los «polos» a cada lado de la abertura cambian de polaridad a medida que se invierte la señal de corriente alterna. Por ejemplo,

en el pico de una señal la abertura puede tener en su lado izquierdo el polo norte y en el derecho el polo sur; en las depresiones de la misma señal, lo dicho anteriormente se habrá invertido. En la figura 3.8 se supone que la onda de la señal se encuentra en el pico. La dirección de la corriente, en la bobina de la cabeza grabadora, magnetiza la misma con la polaridad indicada y la cinta se encuentra asimismo magnetizada. Imagínese ahora que la cinta se mueve hacia una nueva posición y que se graba la depresión de la misma onda. En este caso se invierte la corriente y, por lo tanto, la polaridad de la cabeza y el magnetismo de la cinta se encuentran invertidos.

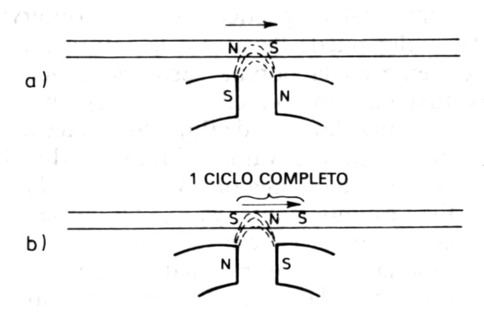


FIG. 3.8. La velocidad de la cinta afecta a la grabación de las altas frecuencias: *a*), en este instante la cinta está magnetizada como se muestra por el campo en la abertura: *b*), para grabar en amplitud completa, la parte de la cinta magnetizada N (norte) debe moverse a la otra parte de la abertura en el tiempo de un semiciclo de la onda.

Obviamente, si la cinta no se hubiese movido, la señal de depresión hubiera borrado la señal de pico y tendríamos que mover la cinta una distancia igual por lo menos al tamaño de la abertura de la cabeza, de forma que la parte de la cinta que estaba en la abertura cuando se grabó el pico, debe borrarse de la abertura cuando se graba la depresión.

Naturalmente, si la abertura es pequeña la cinta se mueve rápidamente y la señal grabada es de baja frecuencia, entonces la la parte del pico de la grabación puede estar alejada varios centímetros cuando se graba la depresión. Veamos a continuación el otro extremo. Parece razonable suponer que se continuará magnetizando la cinta de forma que la distancia de la abertura de la cabeza correspondiese a un semiciclo completo de la señal; ésta es la condición en la cual se ha borrado la parte del pico grabada sobre la abertura, cuando se grabó la depresión. ¿Cuál es el límite superior de frecuencia que podemos grabar? Debe depender de la velocidad de la cinta, así como de la abertura de la cabeza. Si se toma la velocidad de la cinta de 19 cm/s y la abertura de la cabeza de 0,025 mm, entonces la cinta tarda 0,00013 s en moverse de un lado de la abertura al otro. Si se graba un semiciclo en este tiempo, entonces el número de ciclos completo que puede grabarse por segundo es de 3845 ó 3,85 kHz. Para los tipos actuales, esto representa una característica bastante pobre.

Estas tres magnitudes: abertura de la cabeza, velocidad de la cinta y respuesta en alta frecuencia, van asociadas. Si se desea grabar el intervalo de frecuencias completo, que es posible hacer utilizando discos, deben usarse cintas de alta velocidad y/o aberturas pequeñas. Dado que se utilizan las mismas cabezas, incluso si se cambia la velocidad de la cinta en el magnetófono, representa siempre una ventaja utilizar la velocidad de la cinta más rápida posible para un magnetófono dado. Los métodos modernos de construcción de cabezas de cinta hacen posible disponer de aberturas extremadamente pequeñas, una décima del tamaño del ejemplo indicado o incluso menos. Sin embargo, los magnetófonos están siendo utilizados al mismo tiempo a velocidades de cinta más bajas, desechando algunas de las ventajas de las cabezas de abertura estrecha, y así los sistemas de cassettes están restringidos a velocidades de 4,76 cm/s alrededor del cual el sistema fue diseñado originalmente. Las máquinas de cassette pueden lograr un intervalo de fre-

cuencia razonable, pero únicamente utilizando muy pequeñas aberturas de cabeza, y esto se paga no sólo en dinero (un cassette de alta calidad puede costar tanto o más que un grabador de bobina abierta de características equivalentes), sino también en un desgaste más rápido de las cabezas y en la necesidad de un mantenimiento más frecuente.

La misma cabeza se utiliza tanto para grabar como para reproducir, con una cabeza de borrado separada, siendo esto lo más frecuente. La abertura de la cabeza de borrado se hace deliberamente mucho mayor que la cabeza de grabación/reproducción, ya que no se graba la frecuencia de borrado, con lo que se asegura que la cinta pasa muchas veces a través del ciclo de histéresis, a medida que pasa sobre la abertura de la cabeza; además, ésta necesita ser ancha para evitar la saturación originada por las señales de borrado de gran amplitud.

Muchos magnetófonos de bobina abierta de gran calidad y una o dos máquinas tipo cassette, utilizan tres cabezas: una para grabar, otra para reproducir y otra para borrar. Este sistema presenta la ventaja de que puede utilizarse en cada cabeza la abertura óptima: una abertura amplia para la cabeza de borrado, una muy pequeña para la abertura de la cabeza de reproducción y una abertura de tamaño intermedio para la cabeza de grabación (evitándose así la saturación). Cuando se utiliza una cabeza combinada de grabación/reproducción, cosa que ocurre en muchos magtófonos, el tamaño de la abertura debe tener un valor de compromiso, ya que un intervalo de frecuencias bueno necesita una abertura pequeña, mientras que una baja distorsión requiere una abertura grande con el fin de evitar la saturación. Cuando se utiliza una sola cabeza, el intervalo de frecuencias debe mantenerse por debajo de unos 14 kHz como máximo si se desea mantener razonablemente baja la distorsión. Parece altamente probable, que algunos de los magnetófonos de cassette operan con cifras de distorsión elevadas con el fin de lograr elevados intervalos de frecuencia.

4

SISTEMAS MECANICOS

Formatos de grabación

En el momento de escribir este libro, existen cuatro métodos diferentes para usar cintas magnéticas, cuya coexistencia se hace difícil. El magnetófono de bobina abierta, utiliza cintas con una anchura de 6.25 mm (¼ pulgadas) en carretes de 12,5 cm (5 pulgadas) o incluso mayores, como en el tipo de magnetófono «semi-profesional» que usa carretes de 25 cm. (10 pulgadas) según las normas de la NAB *, lo que inevitablemente lleva consigo que esta clase de magnetófonos sean de grandes dimensiones. Antes de que se pueda conectar el motor de arraste de la cinta para grabación o reprodución, las bobinas tienen que estar colocadas en su sitio y la cinta enlazada alrededor de las guías que pasan por las cabezas y finaliza en el carrete arrollador. Esta clase de magnetófono puede grabar y reproducir hasta 4 pistas (4 pistas mono ó 2 pistas estéreo) y prácticamente presentan siempre varias posibilidades de elección para la velocidad de la cinta.

Todos los demás sistemas evitan el enlazado de la cinta. El cassette compacto usa cinta de 3,81 mm (⅛ pulgadas)

* N. *del T.*: NAB = *National Association of Broadcasters*. Asociación Nacional de Radiodifusores (EE.UU.).

(la cinta estándar tiene 6,25 mm ó 0,25 pulgadas) a una velocidad de 4,75 cm/s (1 $^7/_8$ pulgadas/s) de forma que cuando se compara con los magnetófonos de bobina abierta, el ancho de cinta es la mitad utilizando el mismo número de pistas y su velocidad corresponde a la más lenta que se puede conseguir con éstos. Estas características se combinan y hacen que el cassette presente un menor rango de frecuencias y una relación S/N (señal/ruido) peor que el magnetófono de bobina abierta y únicamente haciendo acopio de todas las triquiñuelas disponibles puede elevarse la calidad de los cassettes cerca del nivel de los magnetófonos de bobina abierta.

El sistema de cartuchos de ocho pistas se diseñó para coches y aplicaciones de música de fondo, aunque en la actualidad se está reemplazando por cassettes. El cartucho contiene un lazo sin fin de cinta, con un ancho estándar de ocho pistas (cuatro canales estéreo). Los reproductores se diseñan de manera que la cabeza se pueda desplazar automáticamente de un conjunto de pistas a otras. Por tanto, para un programa completo, la longitud total de la cinta pasa por la cabeza cuatro veces; no hay pues necesidad de dar la vuelta al cartucho, y se pueden seleccionar de forma independiente cualquier conjunto de pistas. Las ventajas del cartucho de 8 pistas —funcionamiento continuo por largos períodos de tiempo y la calidad, ligeramente mejor, debido a la velocidad superior de la cinta de 9,5 cm/s (3 $^3/_4$ pulgadas/s)— están sobrepasadas por el difícil camino de la cinta dentro del cartucho, lo que origina interrupciones y la elección más restringida de material pregrabado. Al contrario que con los reproductores, hay muy pocos magnetófonos disponibles, de forma que la elección de programas se circunscribe a música pregrabada.

El *Sony Elcaset* es relativamente reciente y corresponde a uno de los tipos de cassettes de formato grande que están ya en producción. Los cassettes compactos nunca fueron proyectados con el fin de conseguir grabaciones y reproducciones de alta fidelidad, y el Elcaset es un intento serio

para tratar de conseguir un cassette destinado a este fin. Utiliza un ancho de cinta de 6,25 mm ($^{1}/_{4}$ pulgada) con una velocidad de 9,5 cm/s (3 $^{3}/_{4}$ pulgadas/s) de forma que se pueden conseguir buenas relaciones S/N y buenos rangos de frecuencias sin necesidad de recurrir a reajustes en los circuitos. En la actualidad pocos sistemas Elcaset están disponibles, y los precios, tanto de las máquinas como de los cassettes, son tan altos que no animan a los usuarios de magnetófonos de bobina abierta o de cassettes compactos a realizar el cambio. La disponibilidad de máquinas y cassettes vírgenes más baratas, junto con un aumento de cassettes pregrabadas de gran calidad sobre cintas buenas, debería cambiar esta situación muy rápidamente.

Las ventajas de los sistemas de cassette/cartucho, en términos de facilidad de manejo y almacenamiento, son inmensas y es cierto decir que los magnetófonos de bobina abierta se utilizan ahora para fines profesionales o semiprofesionales o por aquellos que tienen un fuerte interés músical y gran habilidad técnica. Aunque parece posible que el sistema de ocho pistas desaparecerá, excepto para reproductores de música de fondo, existe poca posibilidad de que los cassettes compactos sean reemplazados en el extremo más barato del mercado, particularmente como reproductores portátiles. Para los entusiastas de la música estéreo de alta fidelidad que, o no tienen hecha una gran inversión en un cassette compacto, o bien poseen un cassette compacto o magnetófono de bobina abierta anticuado, el sistema Elcaset de formato más grande parece tener un futuro muy brillante.

Requisitos mecánicos

Al contrario que en otros equipos electrónicos de uso doméstico, el magnetófono depende para su operación de un sistema mecánico bastante elaborado. Los requisitos son claros: para grabación o reproducción la cinta tiene

que ser arrastrada a velocidad constante cerca de la cabeza. Para que la cinta grabada o reproducida pueda rebobinarse, necesitamos ser capaces de mover los ejes de los carretes de la cinta más rápidos de lo que girarían durante la grabación o reproducción y también mantener apartada la cinta de las cabezas durante este tiempo de arrollamiento rápido. Es importante tener las cabezas separadas de la cinta durante el bobinado y el rebobinado rápido, porque ésta es de un material abrasivo, como papel de lija fino, y en su movimiento constante sobre las cabezas las consume por el roce, originando con ello que se ensanche la abertura y se degraden así las características del magnetófono. Debemos pues ser capaces de bobinar rápidamente en una u otra dirección, de manera que podamos localizar cualquier parte de la cinta que necesitamos.

Cuando el magnetófono se conmuta para grabar o reproducir, las cabezas deben ponerse en íntimo contacto con la cinta y ésta entonces moverse a una velocidad constante cerca de la cabeza y guiarse cuidadosamente, de forma que la abertura en la cabeza esté posicionada correctamente respecto de la cinta. Al mismo tiempo, el carrete donde se almacena la cinta debe girar, de forma que la cinta se enrolle en él, y el otro carrete no debe estar tan libre para permitir que la cinta se suelte. También debe emplearse un contador que permitirá encontrar un pasaje determinado de cinta, anotando un número sobre él.

Todas estas necesidades mecánicas son importantes, y el mantenimiento de un magnetófono consiste principalmente en comprobar estas acciones mecánicas (porque, al contrario que en los sistemas electrónicos, todos los mecanismos se desgastan), más que las tareas electrónicas. En primer lugar, observemos la colocación de la cinta frente a las cabezas.

En los primeros tiempos de grabación en cinta, la abertura en la cabeza se extendía a través del ancho total de la cinta (Fig. 4.1), utilizando todo el ancho para una grabación. Este sistema de pista única, o ancho total, tiene la ventaja de presentar una buena relación S/N, ya que, comparativa-

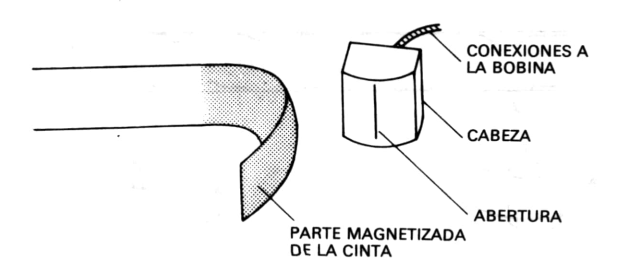


FIG. 4.1. Grabación de anchura-total. La abertura de la cabeza se extiende sobre la mayor parte del ancho de la cinta. Todos los primeros magnetófonos usaban este sistema.

mente, una gran cantidad de material magnético se magnetiza cuando pasa por la cabeza, pero al mismo tiempo se utiliza una gran cantidad de cinta para hacer una sola grabación. Además, cuando se ha grabado una bobina, debe rebobinarse y después extraerse, antes de que otra pueda ponerse en su sitio para continuar la grabación.

Guías

Incluso cuando se hace una grabación de anchura total, hay que tener cierto cuidado en el guiado de la cinta hasta pasada la cabeza. Por ejemplo, la cinta no debe oscilar de lado a lado, como se ilustra en la figura 4.2, *a*), ya que esto originaría una grabación desigual. Además, un alineamiento tan pobre causaría problemas en la reproducción porque las oscilaciones no serían idénticas y provocarían cambios considerables en el valor de la señal. La manera más simple de colocar la cinta para prevenir este problema, es pasarla entre dos pivotes, normalmente de acero cromado, que se colocan a los lados de la cabeza (Fig. 4.2, *b*). Esto es posible únicamente, porque el ancho de la cinta puede mantenerse en límites muy próximos durante la fabricación y se puede

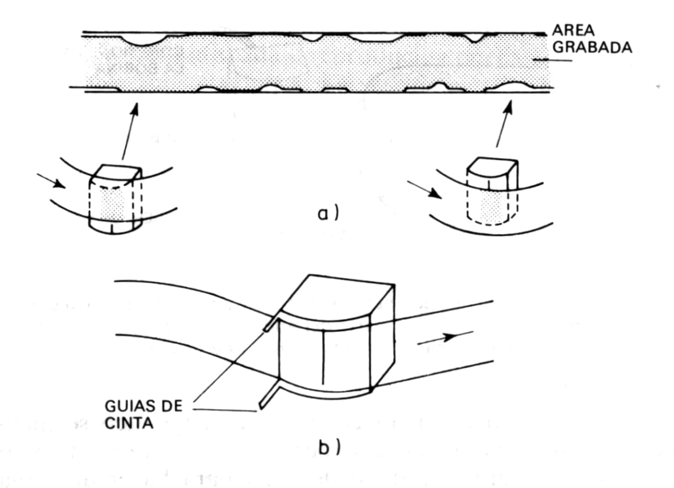


FIG. 4.2. Efectos de oscilaciones laterales sobre la cinta: *a*), las oscilaciones laterales afectan a la anchura de la sección grabada de la cinta; *b*), el uso de guías mantiene el recorrido de la cinta en línea con la cabeza.

garantizar que sus bordes sean rectos y paralelos. Cintas de pobre calidad, tales como las que algunas veces se venden en ofertas de rebajas, pueden haberse obtenido reduciendo cintas más anchas (tales como las cintas de grabación en vídeo) y la anchura se puede controlar peor, lo que explica los pobres resultados que a menudo se obtienen con tales cintas.

Cuando se reproduce una cinta en la misma máquina en la que se ha grabado, seguirá el mismo camino sobre las cabezas, por lo que no surgirá ningún problema. Sin embargo, cuando las cintas pueden escucharse en diferentes máquinas, se necesitan algunas normas para el posicionado de las cabezas. Las normas aceptadas son que la línea de la abertura de la cabeza debe estar exactamente en ángulo con los bordes de la cinta (Fig. 4.3, *a*) y que la cinta debe

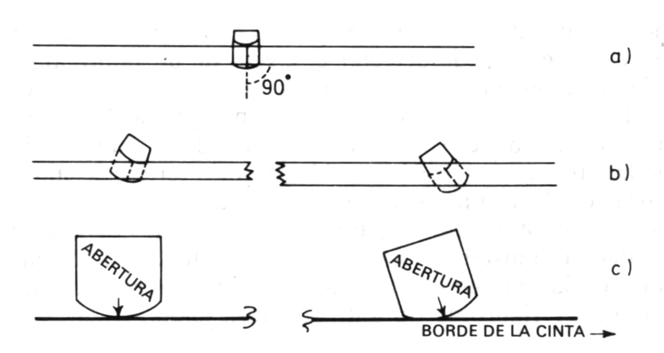


FIG. 4.3. Alineamiento de la cabeza; *a*), ángulo de azimut correcto entre la abertura de la cabeza y la cinta; *b*), azimut incorrecto originando pérdidas en los agudos, *c*), ángulo de fase incorrecto también causando pérdidas en los agudos.

tocar la cabeza a igual distancia a cada lado de la abertura (Fig. 4.3, *b*). El efecto de una cabeza inclinada (algunas veces llamado error de azimut) es reducir grandemente la amplitud de las señales de alta frecuencia reproducida de una cinta grabada en una máquina ajustada correctamente. Inversamente, si una cinta se graba sobre una máquina con la cabeza inclinada, la reproducción sobre una máquina perfectamente ajustada, aparece con escasez de agudos. Incluso, ángulos de inclinación relativamente pequeños, tienen un efecto notable sobre la reproducción de las frecuencias más elevadas de audio, de forma que siempre se dispone de tornillos para ajustar la inclinación de la cabeza y poder fijar ésta con el ángulo correcto. El método usual de ajuste es escuchar una cinta o cassette de prueba, que ha sido grabada con notas de frecuencia elevada en una máquina ajustada correctamente y ajustar la cabeza de la máquina en que se reproduce, para que el indicador de medida dé la lectura más grande posible a su salida a estas frecuencias elevadas. Un aparato de medida es esencial, porque el oído

no es bastante sensible a pequeños cambios de amplitud; sin embargo, puede detectar el efecto de un pobre alineamiento sobre la forma de ondas de las notas musicales.

El efecto de una cabeza ligeramente girada (Fig. 4.3, *c*) no es tan serio, pero de nuevo puede conducir a una pérdida de las frecuencias más altas. Mucho más serio es cualquier variación de la superposición de la cinta, a medida que pasa por la cabeza. Como muy pocos magnetófonos tienen posibilidad de ajustar las cabezas en esta dirección, tenemos que confiar en que el fabricante mantenga unas tolerancias mecánicas rigurosas durante su fabricación.

Pistas múltiples

Los problemas de alineación y dirección son aún mayores cuando se utilizan cintas de ancho normal para grabar más de una pista. La grabación en doble pista ha sido usual en magnetófonos de bobina abierta hasta que se ha hecho popular y utilizado de forma más extensiva la grabación en cuatro pistas. En el caso de pistas múltiples, debe cambiarse el diseño de las cabezas. Magnetófonos mono de doble pista usan cabezas con una abertura cuya longitud es algo menor que la mitad del ancho de la cinta, pero desviada hacia un borde (Fig. 4.4). Esto hace posible que en una pasada de la cinta se pueda grabar una pista en una banda de la misma y, al dar la vuelta a la bobina, con la misma cabeza se grabe la segunda pista sobre la otra banda. También es posible la grabación en estéreo, si se realiza con una cabeza con dos anillos, aberturas y bobinas, como se observa en la figura 4.4, *d*). Cualquiera que sea el sistema que se utilice, la dirección de la cabeza debe asegurar que la pista adecuada se mantiene en contacto con su abertura correspondiente.

La grabación en cuatro pistas sobre cintas estándar utilizan anchos de pistas que son la mitad de las que corresponden a una grabación en doble pista. Para un mag-

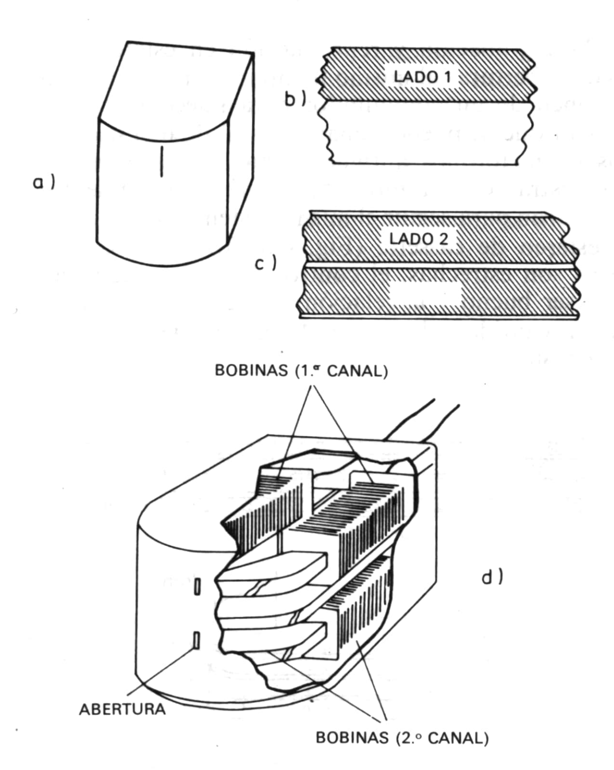


FIG. 4.4. Grabación en dos pistas: *a*), la posición de la abertura de la cabeza está desviada; *b*), porción grabada de cinta tras una pasada; *c*), grabación sobre el 2.º lado cuando se ha dado la vuelta a la cinta; *d*), construcción de una cabeza de cinta. El tamaño de la abertura se ha exagerado con el fin de aclarar mejor la ilustración.

netófono mono, se usa una cabeza con dos aberturas, de manera que se pueden grabar o reproducir una u otra de las dos pistas en una pasada de la cinta y, cuando las bobinas se intercambian, se puede elegir entre las otras dos pistas que están disponibles.

Para grabación y reproducción en estéreo, se utilizan las dos aberturas al mismo tiempo; los magnetófonos mono disponen de un conmutador para seleccionar la pista, de manera que se puede tomar la señal de una u otra bobina. Los magnetófonos antiguos usan las pistas estándar que se muestran en la figura 4.5, *a*); más recientemente éstas se cambiaron para seguir el mismo sistema que en la grabación en estéreo de cassette (Fig. 4.5, *b*). A causa de que las pistas son estrechas, el control de la dirección de la cinta debe ser bueno y la relación S/N es peor porque hay una menor cantidad de material que puede magnetizarse en cada pista.

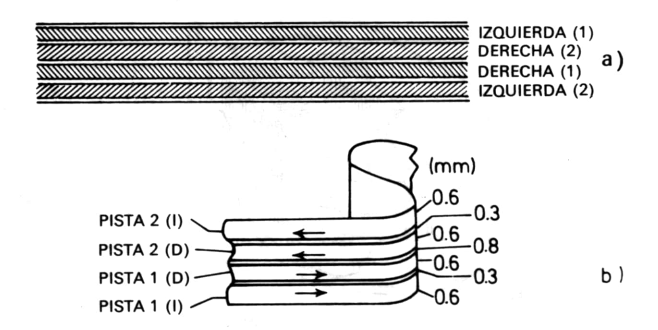


FIG. 4.5. Cintas estéreos estándar: *a*), magnetófonos de bobina abierta antiguos; *b*), disposición moderna en cassettes y magnetófonos de bobina abierta.

A este respecto, el paso de dos pistas a cuatro pistas es más sensible que el paso de una pista simple a dos. El sistema más complicado, desde el punto de vista de mantener pistas estrechas en el lugar correcto, es el cassette estéreo. Los cassettes estéreos utilizan anchos de cinta de 3,25 mm

($^{1}/_{8}$ pulgadas) solamente y colocan sobre esta banda cuatro pistas con espacios libres entre las mismas (Fig. 4.5, *b*); de forma que la dirección de la cinta debe ser excelente, si se quiere evitar una pérdida de señal o «diafonía» (aparición de señal de una pista en la salida de otro canal). Como las horquillas de dirección se construyen sobre la platina magnetofónica y no sobre el cassette (al contrario que las amohadillas compresoras), es importante la elección de un mecanismo bien construido, si se quiere gozar en toda su plenitud de los cassettes compactos estéreos.

Contacto cinta-cabeza

A menos que las cabezas hayan sido reemplazadas o que se haya producido alguna rotura mecánica, es poco frecuente que se necesite un nuevo ajuste para corregir el azimut durante la vida de un magnetofón, si éste fue ajustado correctamente por los fabricantes, tras lo cual se precintó. De hecho, el mejor momento para comprobar este ángulo es cuando la máquina es nueva, ya que parece que pocos fabricantes verifican esta magnitud y surgen máquinas nuevas con un margen notable de ángulos de azimut. Después de un largo periodo de uso, es mucho más probable que el contacto entre la cinta y la cabeza necesite atención.

Debido a que la abertura en la cabeza es muy pequeña, la distribución de flujo ideal penetra únicamente a una pequeña distancia dentro de la cinta. Por pequeña se entiende una distancia medida en milésimas de milímetro, de forma que una separación del tamaño del grosor de un cabello humano entre la cinta y la cabeza tendrá un efecto muy notable. De nuevo, el efecto se manifiesta como una pérdida de las frecuencias altas, que da un sonido amortiguado cuando se reproduce la cinta. La razón de ello estriba en que unas pocas líneas de flujo dispersas aparecen a esta distancia de la cabeza, extendiéndose en una anchura mucho más grande que la abertura de la misma. La cinta estará

magnetizada ahora, como si estuviera utilizando una abertura de cabeza más ancha, de forma que las frecuencias altas se graban débilmente y la amplitud de la señal es también menor porque alcanza la cinta un menor número de líneas de flujo. El remedio es obvio: debemos mantener en tan íntimo contacto como sea posible la cinta con la abertura de la cabeza.

Han sido ideados algunos métodos para mantener la cinta haciendo buen contacto con la cabeza; básicamente existen dos formas. Los sistemas de almohadilla compresora son con mucho los más utilizados, ya que se usan en todos los magnetófonos tipo cassette. Como su nombre sugiere, actúan presionando la cinta contra la cabeza, mediante una almohadilla de fieltro suave. En los magnetófonos de bobina abierta, la disposición usual es llevar la almohadilla en contacto sobre un brazo con muelle (Figura 4.6, *a*), el cual la empuja cuando se selecciona el modo de grabar o reproducir. Aunque el principio es el mismo, los cassettes usan un sistema de muelle diferente (Fig. 4.6, *b*), ya que tienen una posición fija para la almohadilla compresora.

Las almohadillas compresoras originan pocos quebraderos de cabeza en los sistemas de cassette, porque cada una de ellas tiene incorporada su propia almohadilla compresora con resorte; sin embargo, en los magnetófonos de bobina abierta que se usan de forma intensiva es donde suelen surgir los problemas. Entre estos problemas, están el endurecimiento de las almohadillas, lo que puede originar un sonido agudo cuando se mueve la cinta; el alargamiento del resorte provoca un contacto deficiente e incluso oscilaciones del brazo con muelle, lo que origina variaciones en la señal.

A causa de los problemas de mantenimiento que presentan las almohadillas, en los magnetófonos de bobina de tipo profesional, que normalmente están en funcionamiento muchas horas al cabo del día, se emplean otros métodos para mantener la cinta en íntimo contacto con las cabezas.

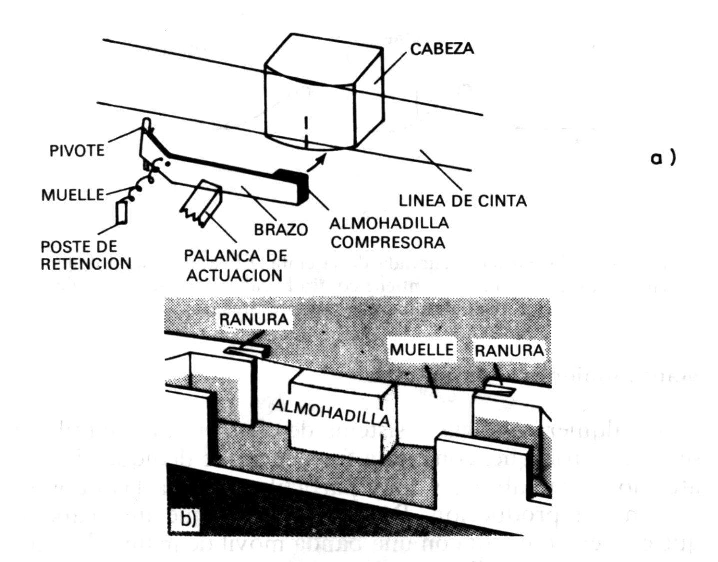


FIG. 4.6. Almohadillas compresoras: *a*), disposición de la almohadilla compresora en los magnetófonos de bobina abierta. La almohadilla se retira durante la carga y también en los arrollamientos rápidos; *b*), almohadilla compresora en los cassettes. Como cada cinta de cassette tiene su propia almohadilla compresora, su deterioro no origina ningún problema serio sobre el sistema.

El método más usual es llevar la cinta por un camino a través de unos postes que la curvan alrededor de la cabeza, manteniéndola en una tensión tal que se asegura el contacto sin necesidad de usar almohadillas (Fig. 4.7). Estos métodos, normalmente, requieren un camino para la cinta algo complicado, lo que puede hacer más difícil la carga de la misma. Alternativamente, se puede hacer más sencillo el enlazado de la cinta, pero a costa de complicar el sistema mecánico, haciendo que los pivotes que guían la cinta alrededor de las cabezas se pongan en su lugar cuando se presione la tecla correspondiente.

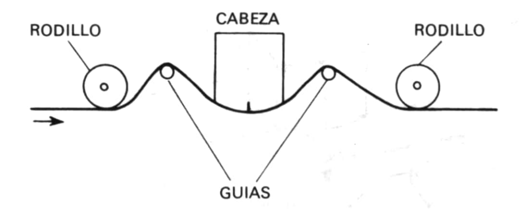


FIG. 4.7. Disposición curvada de la cinta. El camino de la cinta en tensión es tal que se mantiene contra la cabeza sin necesidad de usar almohadillas compresoras.

Mantenimiento

Cualquiera que sea el sistema de contacto que se utilice, será necesario que, con cierta frecuencia, se dedique alguna atención a la cabeza, y muy particularmente a las de grabación y reproducción. Podría pensarse que una cabeza que está en contacto con una banda móvil de material abrasivo permanecería limpia; sin embargo, esto está muy lejos de ser cierto. Partículas del óxido magnético con el que la cinta está cubierta friccionan las cabezas junto con materias de tipo graso tomadas de la atmósfera, polvo, material de carácter gomoso de los plásticos de refuerzo de las cintas y diversas sustancias nocivas para su buen funcionamiento. El resultado de esto es que sobre las cabezas se acumula un depósito óseo duro, y muy particularmente sobre la cabeza de reproducción. El efecto de este depósito (Fig. 4.8, *a*) es llenar la abertura de la cabeza y forzar la cinta hacia afuera. Esto, normalmente, origina una pérdida de las frecuencias altas, lo cual, como suele tener lugar lentamente a lo largo de un periodo relativamente grande de tiempo, no siempre es advertido por el usuario.

El remedio es obvio (Fig. 4.8, *b*) —limpiar el depósito formado—, pero en esta operación debe tenerse cierto cuidado. Debido a que incluso la más ligera grieta en la cabeza actuará como una abertura, ningún objeto duro debe acer-

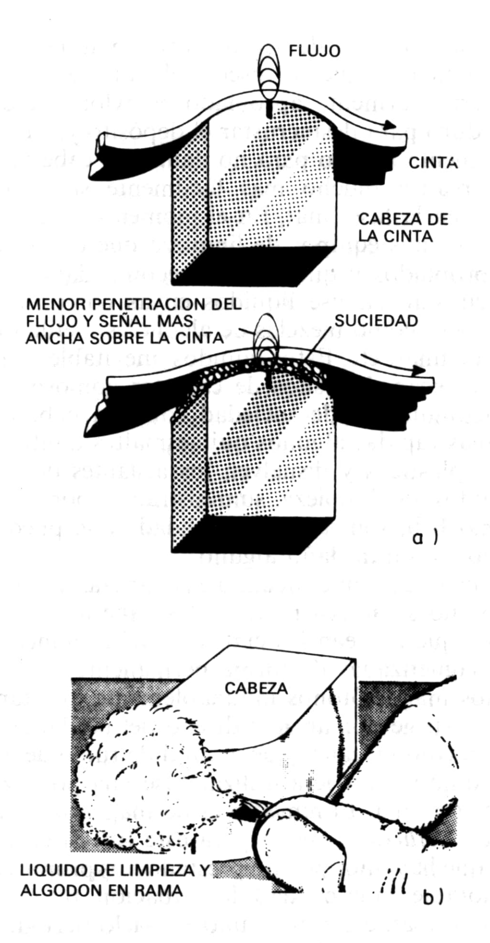


FIG. 4.8. Efecto de la suciedad en la cabeza: *a*), la suciedad actúa como un espaciador, forzando a la cinta a moverse a lo largo de un camino donde las líneas de flujo están más separadas. Este es el efecto que cabría esperar también de una abertura de cabeza más ancha, y el resultado es el mismo, una pérdida de los agudos; *b*), limpieza de la cabeza. Unicamente deben usarse disolventes muy puros.

cársele, y menos si es de acero u otro material magnético. Las herramientas que se usen deberán ser de plástico, siendo particularmente apropiado el nylon, ya que es lo bastante duro para desincrustar el depósito y, sin embargo, suficientemente blando para no dañar las cabezas. La limpieza se realiza mucho más fácilmente si se utiliza un disolvente en la fase final. En el momento actual, hay disponibles algunos equipos de limpieza que contienen disolventes apropiados y que pueden recomendarse. Bajo ninguna circunstancia, use líquidos cuyas composiciones no conozca, tales como mezclas de alcoholes metilados, quitaesmaltes de uñas, etc. Estos líquidos, inevitablemente, dejan cuando se secan depósitos de carácter gomoso, de forma que la acumulación de suciedad sobre la cabeza se hace incluso más rápida; algunos quitaesmaltes también reblandecen los plásticos y disuelven los aislantes de los cables. Los líquidos de limpieza suministrados por fabricantes, tales como Bib, son de buena calidad, y se puede confiar en que no causarán daño alguno.

Otro problema que afecta a las cabezas es la magnetización. Si no se acerca nunca a las cabezas otro material magnético que no sean las cintas, aquéllas nunca deberían quedar magnetizadas de forma permanente; sin embargo, en algunos magnetófonos indudablemente lo están. A menudo, esto surge por un mal diseño del oscilador de polarización/borrado y causa que el nivel de ruido de grabación se alto, como si estuviera utilizándose una polarización de corriente continua. El remedio es desmagnetizar la cabeza, usando un *defluxor* * hecho para este fin. Si el uso de un defluxor que hayamos pedido prestado nos proporciona una mejora notable en la calidad de grabación, puede entonces resultar interesante comprar uno y usarlo periódicamente; si no, es posible que el diseño del magnetófono mantenga desmagnetizadas las cabezas.

---

* *N. del T.*: El término en inglés es «defluxer»; por no existir traducción para dicha palabra hemos utilizado defluxor, que suena mejor en castellano.

Mecanismo de arrastre de cinta

Cuando se ha resuelto el problema de mantener la cinta en contacto con las cabezas y correctamente alineada en las aberturas de las cabezas, todavía queda el problema de mover la cinta a una velocidad constante; éste es un problema sorprendentemente difícil. Las dificultades surgen porque la cinta debe estar constantemente en tensión, moverse sin oscilaciones en cualquier dirección y recogerse en su bobina de arrollamiento sin tirones.

Se necesita una tensión constante, porque los materiales plásticos usados como base de la cinta son flexibles y se alargarán bajo la tensión. Cuando la tensión varía, el alargamiento de la cinta variará, y el efecto sobre el sonido será muy perceptible si la cinta se estira o cede cuando pasa sobre la abertura de la cabeza. Cuando existen almohadillas compresoras, esto es el punto más probable para que se produzca un cambio de tensión, lo que constituye un argumento para no utilizar almohadillas compresoras en magnetófonos de muy alta calidad.

Mover la cinta sin oscilaciones laterales es también bastante difícil de conseguir. Cuando una cinta se arrolla de una bobina a la otra o a través de un cassette, las guías de las bobinas o carretes ayudan a prevenir tales oscilaciones. Sin embargo, en magnetófonos de bobina abierta, únicamente un diseño muy esmerado puede asegurarnos que no hay oscilaciones laterales. El mecanismo de arrastre de cinta es, inevitablemente, mediante un eje de arrastre y rodillos de presión, como se muestra en la figura 4.9. El eje de arrastre es un eje circular de metal, hecho con gran precisión y acabado con una superficie pulida. El rodillo de presión es una rueda de goma blanda que puede bascularse contra el eje de arrastre mediante un brazo con un muelle. El principio de funcionamiento es atrapar la cinta entre los dos, de manera que la cinta se mueve cuando el eje de arrastre gira. Si la velocidad de rotación del eje es uniforme, la de la cinta debería ser constante.

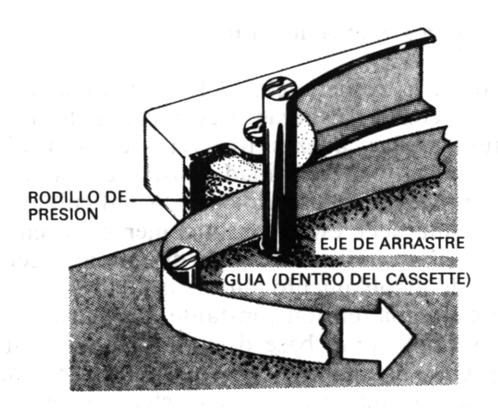


FIG. 4.9. Eje de arrastre y rodillo de presión. El eje de arrastre es un eje de acero de forma circular, realizado con gran precisión y movido a velocidad constante. El rodillo de presión es de goma sintética. La cinta se aprisiona entre los dos, tirando así de ella hacia la cabeza.

Si el eje de arrastre o el rodillo de presión fueran ligeramente cónicos, la cinta podría estar forzada a salirse de su posición, originándose así la aparición de oscilaciones laterales. Análogamente, si el rodillo de presión se hace de una goma demasiado blanda, puede distorsionarse tanto que cuando se presiona contra el eje se fuerza otra vez el que la cinta oscile.

Ambos componentes deben ser cuidadosamente mantenidos.

Los mismos depósitos que se forman sobre la cabeza se acumularán sobre el eje de arrastre y el rodillo de presión y deben eliminarse cuidadosamente (Fig. 4.10). De nuevo, ningún metal ni material duro debe permitirse que toquen el eje de arrastre; el rodillo de presión se limpiará usando únicamente algodón, y los disolventes que se empleen serán lo bastante puros como para no dejar ningún depósito de naturaleza gomosa. También hay que tener cuidado cuando

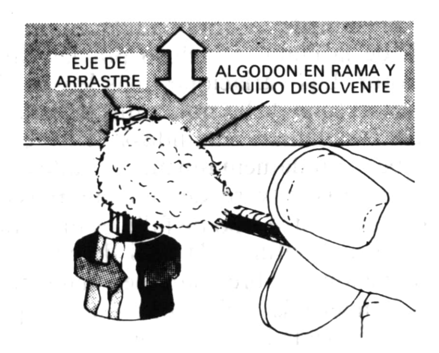


FIG. 4.10. Limpieza del eje de arrastre, utilizando una almohadilla de algodón en el extremo de un palillo de madera. El rodillo de presión debe limpiarse de la misma forma. La almohadilla se empapa en un disolvente apropiado y se presiona ligeramente contra el eje de arrastre o el rodillo de presión con el magnetófono conectado en «reproducción».

se esté limpiando el eje de arrastre, puesto que, si se aplica demasiado disolvente, puede desgastar los cojinetes del eje de arrastre al eliminar la lubricación de los mismos o dilatarse el plástico de que están formados.

Motores

Utilizando el sistema usual de arrastre, la cinta debería moverse a velocidad uniforme cuando el eje de arrastre se mueve con velocidad uniforme. Puesto que, inevitablemente, se usan motores eléctricos para mover los ejes, el problema queda reducido al de disponer de un motor que gire con velocidad constante.

Pueden ocurrir variaciones en la velocidad a causa de variaciones en la carga, como puede suceder durante el transcurso del arrollamiento de una bobina, por las varia-

ciones en la presión de la almohadilla compresora o por la adherencia de la cinta, e incluso por las características del propio motor. Las variaciones más lentas causan cambios notables en el tono de las notas, que debería ser estable; estos cambios se llaman «aullidos». Los cambios más rápidos se deben, fundamentalmente, a fallos del motor o del sistema de arrastre y se denominan pulsaciones. Un buen test para uno u otro tipo de fallo es una nota de piano sostenida de forma continua, la cual descubrirá con seguridad las fluctuaciones sobre cualquier magnetófono.

Tratemos primero la pulsación; ésta se produce por variaciones de velocidad dentro de cada revolución del motor o porque el eje de arrastre no está redondo. Cuando en un magnetófono, que previamente ha funcionado de forma satisfactoria, se manifiesta de repente el fenómeno de pulsación, el primer lugar que debe revisarse es el eje de arrastre, pues cualquier suciedad sobre el mismo provocará variaciones en la velocidad de la cinta cuando el eje gira. Algunos magnetófonos antiguos usaban unas cubiertas que se introducían sobre el eje de arrastre normal para aumentar la velocidad de la cinta; ésta es, normalmente, otra fuente de pulsación.

Otras causas de este fenómeno son los cojinetes del eje de arrastre y el mismo motor. Los modernos cojinetes del eje de arrastre se hacen de plástico, que presenta un coeficiente de rozamiento pequeño, y, por tanto, producen pocos problemas, pero en los magnetófonos antiguos se usaban cojinetes de bolas que se desgastan y permiten que se produzca la pulsación. Sin embargo, cuando un magnetófono es nuevo, el motor es la principal causa de este fenómeno.

Todos los motores eléctricos se basan en los principios de atracción y repulsión magnética, con una parte giratoria, el inducido, que se atrae por un polo de un imán cuando se le aproxima y se repele cuando se le aleja. El motor más simple que podemos imaginar utilizaría un inducido en forma de barra y un inductor con dos polos (Fig. 4.11).

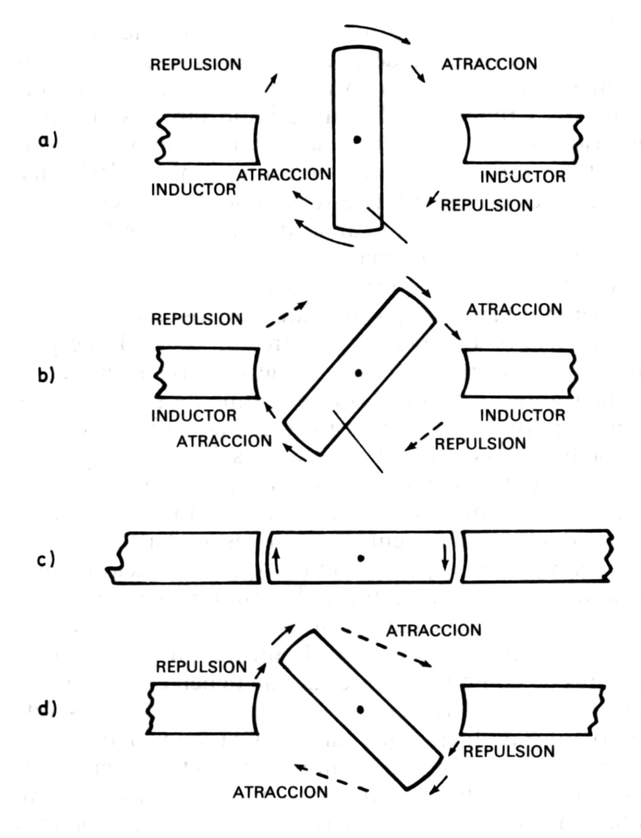


FIG. 4.11. Principio de funcionamiento de un motor eléctrico elemental: *a*), el inducido se mueve en el sentido de la aguja de un reloj y se acelera; *b*), El inducido se mueve ahora más rápido y se acelera aún más, porque las fuerzas magnéticas son más fuertes más cerca de los polos conductores; *c*), en esta posición se intercambian los contactos eléctricos (por el conmutador) y el inducido se frena; *d*), las fuerzas se invierten porque se ha invertido la corriente en el inducido. Aunque se esquematiza un motor de corriente continua, análogos cambios de velocidad tienen lugar durante la rotación de un motor de corriente alterna.

La diferencia entre los motores de corriente continua y corriente alterna es de poco interés en este caso, aunque realmente difieren en la forma en que se crean las fuerzas atractivas y repulsivas. El punto importante es que un polo del sistema inductor deberá atraer a un polo del inducido cuando se aproxime, para, a continuación, repelerlo cuando se eleje, y es precisamente este cambio de atracción a repulsión y el efecto de cambiar la distancia entre los polos lo que origina los problemas.

Las fuerzas magnéticas cambian mucho con la distancia; por ejemplo, si se ponen dos imanes cortos cerca uno del otro y se mide la fuerza que existe entre ambos, podría esperarse que a una distancia doble, la fuerza sería la mitad de la medida anteriormente. Lo que realmente se obtiene es un octavo, porque las fuerzas magnéticas actúan fuertemente sólo a distancias muy cortas. Así pues, la acción de un motor eléctrico del tipo elemental aquí descrito, es poco uniforme, con fuerzas relativamente fuertes actuando sobre el inducido y el inductor únicamente cuando están bastante cerca el uno del otro. Debe pues esperarse que el inducido se mueva rápidamente cuando ambos polos están proximos y se frene en otras partes del ciclo, y esto es justamente lo que sucede.

La solución tradicional es la misma que se aplica en los motores de combustión interna que tienen el mismo problema: hacer más pesados los elementos giratorios (efecto de volante) de forma que giren a una velocidad más constante. Un método usado muy satisfactoriamente en los magnetófonos durante muchos años, ha sido colocar el inducido giratorio en la parte exterior del motor (por lo tanto es mayor y más pesado); estos motores de rotor externo, se notan porque tienen un movimiento más regular. El otro enfoque, es usar más polos sobre el inducido y sobre el inductor, de manera que las fuerzas actuen fuertemente un número mayor de veces por revolución, haciendo el movimiento más fácil de suavizar, como en las máquinas de combustión interna con varios cilindros. Sin embargo, cuando se hace esto en motores de corriente alterna, el efecto late-

ral hace que el motor gire a una velocidad menor, con lo cual se pierde algo del beneficio del cambio, puesto que un motor que se mueva más lentamente es menos fácil de regular su velocidad que otro que lo haga más rápidamente. No obstante, un motor de corriente alterna de rotor externo con cuatro polos, puede dar muy buen resultado y ha sido usado durante muchos años.

Una solución mucho más utilizada hoy en día, es usar un motor de corriente continua con un gran número de polos. Dado un rotor razonablemente pesado, esta solución puede presentar una baja fluctuación, y otra razón interesante para usar un motor de corriente continua es el control de la velocidad, que se realiza mucho más fácilmente que en un motor de corriente alterna.

El método de arrastre entre el motor y el eje puede también ser un medio para reducir la fluctuación. Un método casi universal consiste en usar una correa de goma junto con un volante de eje de arrastre pesado independientemente. La elasticidad de la goma ayuda a absorber cualquier ligera irregularidad en la velocidad del motor y el volante del eje de arrastre ayuda a mantener una velocidad regular del eje.

El «aullido» se controla manteniendo constante la velocidad del motor, cuando se modifica su carga. Los grandes motores de corriente alterna de cuatro polos, tienen mucha más potencia de salida que la que se necesita para mover el eje de arrastre, y por tanto, pequeños cambios en la carga no causan cambios notables en la velocidad. La tendencia actual, como ya se ha hecho notar, es emplear motores de corriente continua de baja potencia y regular su velocidad electrónicamente. Al contrario de lo que sucede con los magnetófonos que llevan motores de corriente alterna, los motores de corriente continua controlan su velocidad muy fácilmente. Los motores de hoy en día usan una forma elaborada de control en la que se ajusta la velocidad modificando la corriente que recorre su inducido a partir de una fuente de corriente continua y de un amplificador transistorizado. Incorporado sobre el eje de arrastre

hay un taco-generador, que es una pequeña dinamo que proporciona una tensión de salida, proporcional a la velocidad del eje de arrastre. Se compara en un circuito electrónico la salida del taco-generador con una tensión fija (la tensión de referencia). Si la velocidad del eje de arrastre es demasiado baja, la salida del taco-generador será baja también y el circuito electrónico aplica más potencia al motor. Si la velocidad del eje de arrastre es demasiado alta, la salida del taco-generador es mayor que la tensión de referencia, y el circuito electrónico aplica menos potencia al motor al que frena.

Esto es un ejemplo de cómo funciona un servosistema, y se pueden conseguir valores del «aullido» muy bajos utilizando este tipo de sistema; este método es particularmente apropiado para magnetófonos tipo cassette. Además, con el uso de motores de corriente continua se consigue una pulsación pequeña; otra gran ventaja, tanto para el fabricante como para el usuario, es que la velocidad del motor no cambia si se modifica la frecuencia de la red. Con motores de corriente alterna síncronos, la frecuencia de la red (50 Hz en Europa, 60 Hz en USA y Japón) controla la velocidad del motor, y se deben hacer, por tanto, ajustes mecánicos, si se utilizan frecuencias diferentes de la red. Estos ajustes pueden tener lugar, por ejemplo, sobre diferentes juegos de poleas de la correa de arrastre. Cuando se usa un motor de corriente contínua como parte del servosistema, no son necesarios tales cambios.

Los cambios fáciles de la velocidad son otra buena razón para escoger un sistema de corriente continua. Los cassettes usan una velocidad fija de 4,76 cm/s (1 $^{7}/_{8}$ pulgadas/s), pero los magnetófonos de bobina abierta, generalmente ofrecen por lo menos dos velocidades y a menudo tres. Para los de tipo profesional, estas son 38,1 cm/s (15 pulgadas/s), 19,05 cm/s (7 $^{1}/_{2}$ pulgadas/s) y 9,53 cm/s (3 $^{3}/_{4}$ pulgadas/s), aunque las de uso particular normalmente omiten la veloci-
tipo profesional, éstas son 38,1 cm/s (15 pulgadas/s), aunque las de uso particular normalmente omiten la ve-

utilizando dispositivos tales como ruedas de transmisión elástica y ejes escalonados (Fig. 4.12) o cambiando la posición de las poleas de una correa de arrastre; no obstante, ningún método es realmente ideal. Cuando se usan motores de corriente continua en un servosistema, el cambio de velocidad se efectúa simplemente modificando la tensión de referencia, utilizando para ello un conmutador.

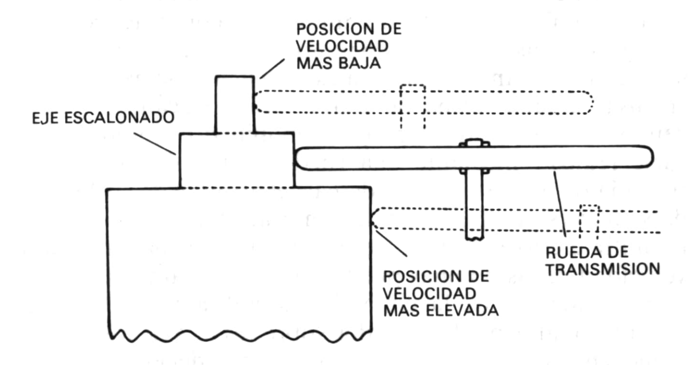


FIG. 4.12. Disposición del eje escalonado y de la rueda de transmisión para cambiar la velocidad. Este tipo de mecanismo no se suele utilizar ya, debido al pobre rendimiento que se consigue en mejorar el «aullido» y la fluctuación. No obstante, correas de arrastre con poleas de algunos diámetros todavía están en uso cuando se llevan a cabo cambios de velocidad por métodos mecánicos.

Otros problemas de arrastre

Durante la grabación o la reproducción no se puede permitir que las bobinas giren libremente. La bobina de arrollamiento debe moverse de forma que se pueda enrrollar la cinta, y la bobina motriz preferiblemente debe tener un pequeño arrastre en sentido inverso, para mantener así uniforme la tensión de la cinta. Debe disponerse de arrastres

del carrete en los modos de bobinado y rebobinado rápido. La mejor solución es emplear tres motores independientes con un sistema de conmutación eléctrica, para asegurar que se aplica un nivel de potencia pequeño a los motores de las bobinas durante las fases de grabación y de reproducción, mientras que se aplica la potencia total durante el arrollamiento rápido en una u otra dirección. Esta excelente solución no tiene por qué ser muy costosa, puesto que únicamenel motor del eje de arrastre necesita ser de alta calidad.

La combinación de un motor de corriente continua con eje de arrastre y un único motor de carrete es un compromiso usual. Cuando se adopta esta solución, se hace necesario usar alguna forma de conmutación mecánica, para el cambio de bobinado rápido a rebobinado rápido, que se suele realizar mediante una rueda de transmisión que se traslada de un eje a otro. Además, el arrastre de las bobinas debe hacerse a través de un embrague de fricción, para permitir cierto grado de deslizamiento, de manera que la velocidad de las bobinas pueda cambiar lentamente durante la reproducción de la cinta. Estos embragues e fricción están normalmente localizados sobre los ejes de los carretes y pueden verse cuando se quitan las tapas del eje.

Cuando se usa un sólo motor para las tres operaciones de arrastre se necesita una disposición similar, pero más elaborada. Algunos magnetófonos de bobina abierta utilizan un motor único; sin embargo, suelen ser los más baratos y han sido reemplazados ya por magnetófonos tipo cassette; en general, sistemas de arrastre de un único motor se pueden encontrar hoy día únicamente en algunos tipos de magnetófonos de cassette.

Algunos magnetófonos que utilizan un motor de arrastre independiente controlan la tensión de la cinta mediante el uso de dos ejes de arrastre y rodillos de presión colocados a cada lado de la cabeza; este método permite que el arrastre de la cinta resulte menos afectado por la tensión de la cinta en las bobinas, y es particularmente bueno cuando no se utiliza almohadilla compresora para el contacto de la cabeza.

El movimiento de los carretes en los magnetófonos de bobina abierta es algo pesado, particularmente el tipo NAB de 24,5 cm (10 pulgadas), y se necesita alguna forma de frenado. Los frenos son como almohadillas compresoras que operan sobre la parte central de los ejes del carrete, y el ajuste de los frenos es el ajuste mecánico más difícil de realizar en un magnetófono. Una de las dificultades para diseñar un sistema de frenado mecánico que sea efectivo es que el eje necesita una mayor acción de frenado cuando está lleno que cuando está vacío, pero no existe medio de conseguir esto, de forma que existe inevitablemente más tensión en la cinta durante el frenado. Unicamente un sistema de frenado que sea realmente excelente puede asegurarnos en los magnetófonos de bobina abierta que la cinta nunca se soltará, cualquiera que sea la conmutación que se realice.

Los grabadores de cassettes presentan los mismos tipos de problemas que los magnetófonos de bobina abierta, pero con variaciones. Los problemas de frenado en los cassettes donde las bobinas son más pequeñas, son menores aunque los cassettes de formato grande necesitan realmente una cierta atención en las demás partes del sistema. El «aullido» y la fluctuación son siempre mayores en sistemas de baja velocidad que utilizan ejes de arrastre delgado, pero el uso de motores de corriente continua ha mejorado considerablemente sus valores en los cassettes actuales, hasta el punto que se consiguen ya valores que hace unos pocos años no se podían conseguir en los magnetófonos de bobina abierta. Los problemas de la abertura de la cabeza y del alineamiento se pueden resolver a precios razonables, de forma que en cuanto a especificaciones pueden rivalizar con las de bobina abierta. En este caso, como en muchos otros, uno grande y bueno es siempre mejor que uno pequeño aunque también sea bueno, de forma que todo habría sido mucho más sencillo si se hubiesen introducido los cassettes de formato grande antes que los cassettes normales, cuando se pensó que constituían un medio posible de grabación en estéreo.

5

CINTA Y GRABACION

Como ya se mencionó en el capítulo 3, originalmente el material utilizado para grabación fue cable de acero. Desde el punto de vista de material magnético, el acero no es ideal, porque tiene valores de la remanencia y la coercitividad relativamente bajos, cuando se le compara con materiales modernos. Asimismo, un cable presenta la desventaja adicional de que es necesario utilizar un hilo de calibre fino, si se desea que se arrolle fácilmente de un carrete a otro, y la cantidad de material magnetizado que pasa frente a las cabezas es muy pequeño, manteniéndose así muy baja la señal de reproducción, lo que lleva consigo una relación S/N necesariamente pequeña.

El uso de material en la forma de cinta ofrece algunas ventajas. La cinta puede hacerse suficientemente delgada para facilitar su arrollamiento y lo bastante ancha para asegurar un volumen razonable de material magnético. Además, la cinta se puede mantener en carretes con mordazas que se ajusten perfectamente al ancho más uniforme que el que se puede conseguir con un cable. No resulta sorprendente que en los comienzos de la grabación en cinta, se intentase fabricar cintas de acero, pero los resultados que se consiguieron fueron descorazonadores. El principal problema es que el acero no tiene una coercitividad alta y se magnetiza y desmagnetiza demasiado fácilmente. A primera

vista, podría parecer que es una ventaja disponer de una cinta que se pueda magnetizar casi sin dificultades y, por tanto, sea fácilmente grabable, pero realmente no es así. El problema de las cintas de baja coercitividad es que se pueden desmagnetizar fácilmente, incluso por campos magnéticos relativamente débiles, y que puede grabarse una señal de calco magnético indebida cuando se almacena la cinta.

El calco magnético significa que la señal grabada se trasfiere desde un trozo de cinta a otro en contacto con ella, y éste es un problema que todavía se presenta hoy en día. Cuando un trozo de cinta fuertemente magnetizado, quizá conteniendo la grabación de un redoble de un tambor, está situado en una bobina, presionado contra otro trozo de cinta magnetizado muy débilmente, quizás un pasaje silencioso, entonces algo de la señal magnética de la parte grabada fuertemente se trasferirá a la porción grabada débilmente por el proceso bien conocido de inducción, lo que significa que un imán magnetizará una parte del material ferromagnético próximo. Este proceso se utiliza deliberadamente para copiar cintas, y las cintas pregrabadas que se compran han sido realizadas presionando una cinta grabada fuertemente contra una cinta virgen, siendo devanadas por una copiadora. Cuanto más baja sea la coercitividad del material de una cinta, más probable resulta que se produzca un calco magnético, de manera que se necesitan materiales magnéticos de alta coercitividad para cualquier cinta que vaya a guardarse.

En otros métodos utilizados para reducir el calco magnético se evita el almacenamiento por periodos largos de tiempo de la cinta arrollada y grabada. Cintas de gran valor se rebobinan periódicamente para asegurar que los puntos de contacto entre pasajes suaves y fuertes cambian de cuando en cuando. Las altas temperaturas deben asimismo evitarse, porque la coercitividad de cualquier material magnetizado disminuye a temperaturas altas. Si se calienta un material magnetizado a una cierta temperatura (deno-

minada punto Curie, y diferente para cada material), queda completamente desmagnetizado. Como la temperatura de Curie es relativamente alta (rojo-incandescente) para muchos materiales, éste no es un método práctico de borrado de cintas, al menos, si se necesita utilizarlas otra vez. Así, pues, cualquier cassette que se guarde en el coche debe mantenerse en un lugar tan fresco como sea posible y, ciertamente, nunca en la parte delantera o trasera detrás del cristal.

Como los materiales más apropiados magnéticamente para grabación en cinta son, además, los más difíciles de preparar en forma de cinta o cable, el desarrollo por AEG en 1930 de la forma moderna de cinta constituyó uno de los mayores avances registrados en el campo de la grabación. Las cintas originales de AEG usaban un papel recubierto de hierro pulverizado finamente, y este tipo de cinta, aunque empleando materiales diferentes, ha sido utilizado desde entonces. Las cintas actuales llevan materiales plásticos, normalmente poliésters, como base de la cinta con recubrimientos de óxidos metálicos, tales como el óxido de hierro (químicamente, Fe_2O_3) y el dióxido de cromo (CrO_2).

Cintas actuales

Cada etapa en la preparación de una cinta de grabación es crítica y afecta a la calidad del producto final; por ello, es necesario ejercer un estricto control de calidad en cada etapa de fabricación, que se inicia en la selección de la materia prima. La elección de un material de buena calidad para la base de plástico es importante, porque, cómo se ha visto, el estiramiento de la cinta afectará al «aullido» y a la pulsación, y, además, las roturas de la cinta originarán pérdidas de programa, lo que puede ser muy costoso en un trabajo de tipo profesional.

Los materiales plásticos que se usan como base para

la cinta son polímeros, es decir, están formados por materiales cuyas moléculas consisten en un número grande de unidades idénticas en una estructura tipo cadena. La consistencia en la elaboración de la materia prima es esencial, ya que, de otra forma, el número de moléculas en la cadena puede variar de una muestra a otra, originándose así cambios en la elasticidad (afectando al alargamiento de la cinta) y en la fragilidad (afectando a la rotura). Como, inevitablemente, existe siempre alguna variación en la materia prima, el método más simple de asegurar un producto más consistente es mediante la mezcla de diferentes lotes (¡como el jerez!).

A la materia prima plástica debe dársele forma de cinta. El grosor de la cinta implicará qué longitud de la misma se puede alojar en un carrete de un diámetro dado o en un cassette estándar, y esto, a su vez, decidirá el tiempo de grabación posible. Como las máquinas de bobina abierta pueden correr a diferentes velocidades, los carretes de cinta se venden en este caso por su longitud, mientras que en los cassettes que tienen una velocidad única se venden por el tiempo que duran. Para los de mayor duración, la cinta es muy delgada, de forma que los cassettes de 120 minutos no se utilizan generalmente si la grabación es importante. Necesariamente, el alargamiento y la rotura son aquí problemas más serios que con cintas más gruesas. En máquinas de bobina abierta, la rotura de cinta, aunque resulta un inconveniente, se puede reparar rápidamente mediante un empalme, pero en cassettes origina más trastornos (véase figura 5.1). Cuando se rompe una cinta de cassette, los extremos por donde se rompe, inevitablemente, desaparecen dentro del cassette, de forma que éste tiene que abrirse para poder empalmar la cinta. Esto es relativamente sencillo, aunque es un proceso lento si el cassette está sujeto mediante tornillos, pero es mucho más difícil si es del tipo de soldadura. Los cassettes que tienen soldadura deben de abrirse mediante un corte, y la cinta se trasfiere después de empalmada a otro cassette, preferiblemente del tipo de

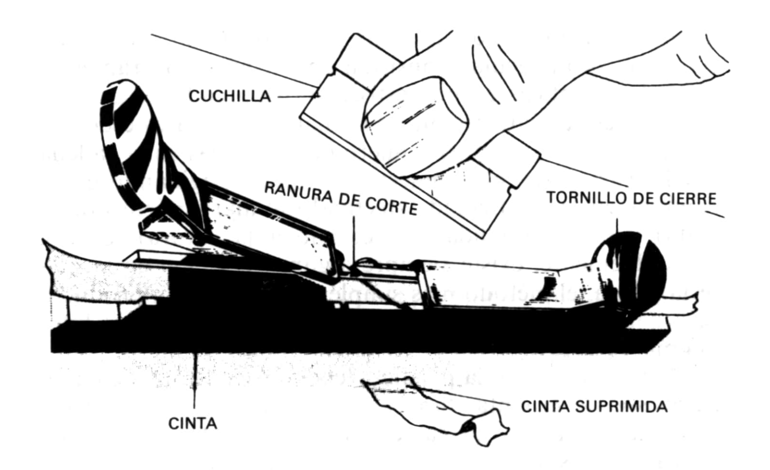


FIG. 5.1. Empalme de cinta. El empalme de la cinta de los cassettes es más difícil que en las cintas de bobina abierta; ambas tareas se simplifican si se utiliza un empalmador que nos asegura que la cinta se corta de forma precisa y que las dos partes se mantienen alineadas en el momento de la unión. En esta operación no deben utilizarse cintas engomadas, ya que el adhesivo que se desprende puede engomar las distintas capas de cinta y al mismo tiempo ensuciar las cabezas.

tornillo. Para ser sinceros, debemos admitir que las roturas de cinta en los cassettes tipo soldadura son menos frecuentes que en los de tornillo. La razón parece estribar en que la operación de atornillado origina una distorsión del cassette que tiende a producir un atascamiento y rotura de la cinta.

Volviendo a la estructura de la cinta, su grosor y anchura deben mantenerse constantes. Una variación en el grosor conducirá a una modificación en el tiempo de registro para un tamaño dado de bobina o cassette. Cambios en el ancho de la cinta producirán problemas más importantes, ya que aparecerán atascamientos, particularmente en cassettes, o

un alineamiento deficiente (originándose así diafonías o volumen variable), según que la cinta sea demasiado ancha o estrecha. Además, cada arista de la cinta debe ser perfectamente recta, ya que esto decidirá la forma en que correrá a lo largo de las guías de la cabeza y, por tanto, la corrección en su alineamiento con la abertura de la cabeza.

Recubrimiento de las cintas

La elección de los materiales para recubrir la cinta, la manera en que se elaboran y los métodos que se utilizan para recubrir la cinta son factores que afectan grandemente el comportamiento del producto final. Durante muchos años, se ha llevado a cabo una investigación intensiva sobre los distintos materiales para recubrimiento y, prácticamente, se ha aprobado cualquier tipo de material magnético que se pueda fabricar en forma de polvo; sin embargo, el recubrimiento de cinta que todavía se utiliza de forma universal es el óxido magnético de hierro, llamado también óxido férrico (químicamente, Fe_2O_3). Más recientemente, se ha utilizado el dióxido de cromo (CrO_2), así como una mezcla de los dos tipos, y el último avance en el campo de recubrimientos ha sido el de dos capas. Informes relativos a cintas que utilizan polvo metálico se oyen de vez en cuando; sin embargo, en la actualidad no han aparecido tales tipos de cinta en el mercado. El problema del recubrimiento de cinta es que no ha sido todavía encontrado el material ideal, y cualquier tipo de recubrimiento es el resultado de algunos compromisos que deben comprobarse. La cinta difiere, simplemente, porque cada fabricante tiene una idea diferente respecto al equilibrio particular de características más deseable.

Como si esto no fuera bastante difícil, los resultados que obtenemos en una cinta dependen en gran medida del tamaño de la abertura de la cabeza del grabador y de los niveles de polarización que se utilizan cuando se graba la

cinta. Este es un punto sobre el que volveremos más tarde en este capítulo; por el momento, supondremos que podemos comparar cintas en un magnetófono con los valores óptimos de abertura de cabeza (utilizando cabezas independientes para la grabación y para la reproducción, como ya hicimos notar en el capítulo 4), y con polarizaciones ajustables y un conjunto de instrumentos de medida, de manera que podamos ajustar las condiciones para conseguir el rendimiento óptimo con cada tipo de cintas distintas.

El grosor del recubrimiento de la cinta afecta a la razón S/N y también al intervalo de frecuencias. Un recubrimiento más grueso permite que una mayor cantidad de material se magnetice por la cabeza de grabación, de manera que se obtiene una señal más fuerte en la cabeza de reproducción. Por otra parte, un recubrimiento grueso origina que el intervalo de frecuencias se reduzca, ya que las líneas de flujo más alejadas de la cabeza se espacian más, y estas líneas extendidas afectarán al material y causarán el mismo efecto que una abertura de cabeza más ancha. Como ambas características (un valor alto del cociente S/N y un buen intervalo de frecuencia) son deseables, estos requisitos están en contraposición, y el fabricante debe escoger un grosor de recubrimiento que dé un equilibrio razonable entre ambos.

Una vez que se ha fijado el grosor del recubrimiento, el único control que se puede ejercer está en el tipo de material utilizado. Los métodos químicos actuales de preparación de los óxidos afectan su comportamiento magnético considerablemente, como también lo hacen factores físicos, tales como temperatura y tiempo, los cuales influyen sobre la forma y tamaño de las partículas. Ambos tipos de materiales de recubrimiento forman pequeños cristales, los cuales pueden ser más fácilmente magnetizados a lo largo de un eje que sobre el otro, y el proceso ideal de recubrimiento de cinta nos aseguraría que cada cristal estaría colocado en la dirección correcta; esto es, de hecho, posible

si se aplica un campo magnético uniforme mientras se está recubriendo la cinta (Fig. 5.2). Al mismo tiempo, las partículas deben ser muy pequeñas si se desea que la cinta se deslice regularmente sobre las cabezas de grabación y reproducción, de forma que cuanto más pequeñas sean éstas mejor nos ayudarán a conseguir el intervalo óptimo de frecuencia, de la misma manera que pequeñas aberturas de cabeza también consiguen este mismo efecto.

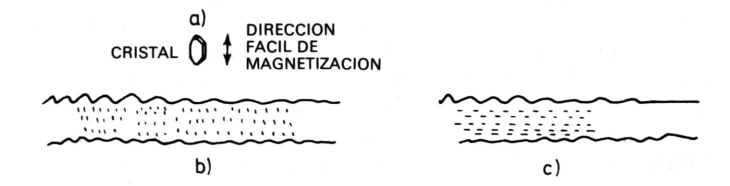


FIG. 5.2. Dirección fácil de magnetización: *a*), la dirección fácil de magnetización de un cristal es a lo largo del eje mayor; *b*), si los cristales se alinean como se indica (el eje mayor representado por las líneas en la cinta), la calidad de la grabación será pobre; *c*), con los cristales dispuestos a lo largo de la cinta de esta manera, la calidad de la grabación será mucho mejor.

Por tanto, los métodos para realizar el material de recubrimiento son muy importantes y cada fabricante utiliza su propia receta. Además de las características de tamaño y forma del cristal, los procesos de formación deben también intentar conseguir las mejores propiedades magnéticas posibles. De forma general, la coercitividad y remanencia de un material en su forma original (en grandes bloques) no se ven influenciadas de manera notoria por los métodos de preparación, pero esto no es cierto si se utilizan polvos finos para realizar el recubrimiento. En cualquier caso, incluso pequeños aumentos en la coercitividad y remanencia son de considerable ayuda para conseguir mejores recubrimientos de cinta.

Otro factor que afecta grandemente la utilización de la cinta es el nivel de saturación, entendiendo por tal la cantidad de campo magnético necesario para llevar el recubrimiento de la cinta al estado de saturación magnética. Esta característica es importante, ya que decide qué amplitud máxima de señal se puede grabar antes de que la distorsión se haga insoportable y esto en definitiva afecta a la razón S/N y al intervalo dinámico que se puede grabar sobre la cinta.

El intervalo dinámico de música es la razón de la amplitud de la señal del pasaje más fuerte a la amplitud de la señal del pasaje más suave (Fig. 5.3). Para música orquestal este intervalo puede ser muy grande; algunas piezas de música no pueden ser grabadas en su intervalo completo por cualquiera de los procesos de grabación existente. Gran parte de la música colectivamente conocida como «popular» tiene un intervalo dinámico muy pequeño.

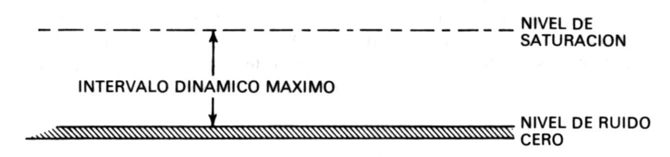


FIG. 5.3. Intervalo dinámico. El intervalo dinámico completo de una cinta es la relación de flujo en el nivel de saturación al de nivel de ruido, expresada normalmente en decibelios. Esto resulta muy pequeño frente al intervalo necesario para grabar gran parte de la música orquestal.

La grabación de un intervalo dinámico amplio en cinta está limitado por dos efectos. Para señales de amplitudes muy pequeñas, el ruido de la cinta (véase la parte final de este capítulo y capítulo 7) es un límite, ya que amplitudes de señal del orden del nivel de ruido de la cinta no serán oídas cuando reproduzcamos éstas. Si escogemos un nivel

de amplitud de grabación que nos asegure una grabación de las notas más suaves en una amplitud que esté suficientemente por encima de la amplitud del ruido de la cinta, encontraremos entonces normalmente que las notas más fuertes causan que el recubrimiento de la cinta se sature, originándose una distorsión insoportable.

Cualquier mejora en el recubrimiento de la cinta que nos permita elevar el nivel de saturación es por lo tanto muy deseable, ya que esto mejora su intervalo dinámico. Si grabamos de manera que los picos más fuertes de la música nos lleven al recubrimiento de la cinta muy próxima a su nivel de saturación alto, significa que muy pocas notas tendrán una amplitud tan pequeña, que se perderán a causa del ruido. De esta manera se mejora la relación S/N al tener un recubrimiento de cinta con un nivel de saturación alto.

En la actualidad y para ambos tipos de máquinas (de bobina abierta y cassette) se tienen tres tipos de recubrimiento de cinta. Cintas férricas (óxido férrico) es el tipo convencional de recubrimiento, así como el más económico; con una buena máquina y un buen recubrimiento puede producir resultados aceptables. La cinta de dióxido de cromo se utiliza de forma generalizada en los magnetófonos de precio más elevado, que se diseñan para utilizar este tipo de cinta; y recubrimiento de tipo mixto (ferricromo) así como los de dos capas están empezando a generalizarse en el momento actual. No hay duda de que las grabaciones de mejor calidad que se han obtenido utilizando métodos de grabación magnética han hecho uso de cintas de dióxido de cromo o ferricromo, pero desgraciadamente es difícil comparar de igual a igual cuando estamos hablando de magnetófonos no profesionales. La razón es que un magnetófono se puede ajustar de manera que produzca resultados totalmente diferentes con cualquier cinta. Si fijamos la tensión de polarización a un valor bajo, por ejemplo, podemos obtener un intervalo de frecuencia mucho mejor que el que puede conseguirse con una gran cantidad de polarización,

pero el intervalo dinámico será pobre, porque la distorsión se fijará a una amplitud de señal comparativamente baja. Por otra parte, podemos aumentar la tensión de polarización y reducir de esta forma la distorsión; sin embargo, como contrapartida se conseguirá en este caso un peor intervalo de frecuencia a causa del efecto de borrado de la señal de polarización sobre las frecuencias altas de la señal grabada. Otra vez aparece un compromiso, y cualquier método de verificar materiales de cinta o magnetófonos, debe fijar algún criterio para el nivel de polarización. Los fabricantes de magnetófonos rara vez dicen los métodos de comprobación que ellos emplean; muy a menudo, las medidas se realizan en condiciones óptimas, de manera que el intervalo de frecuencia se mide con la polarización puesta en valores pequeños y la distorsión se mide con este nivel en valores altos. Pruebas detalladas realizadas independientemente del fabricante, tales como las que aparecen publicadas en revistas profesionales o en forma de libro por compañías que se dedican a estos fines, como Angus McKenzie Facilites Ltd. son la mejor guía para mejorar las características de cualquier magnetófono.

De todo esto, podemos deducir que la tensión de polarización de un magnetófono se debe fijar a niveles diferentes para resultados distintos, y cuando utilizamos algún método de normalización del nivel de polarización (tales como especificar qué nivel de distorsión será medido para una señal dada) encontramos que el «mejor» nivel de polarización es completamente distinto para cintas diferentes, incluso aquellas que utilizan el mismo material de recubrimiento con espesores diferentes, de manera que cassetes C60 y C90 del mismo fabricante, pueden necesitar tensiones de polarización ligeramente diferentes para conseguir resultados óptimos. Como es prácticamente imposible para el usuario normal (y difícil incluso para aquellos que tienen experiencia e instrumentos) fijar el nivel de polarización por sí mismos, el único método que parece ser útil es usar únicamente las cintas recomendadas por el fabricante. Desgraciadamente, muy

pocos de éstos hacen recomendaciones en este sentido. Los materiales de cintas han sido mejorados recientemente y han aparecido así muchos nuevos tipos de recubrimiento; esto ha hecho que la mayoría de los fabricantes duden en imprimir en su manual de instrucciones cualquier cosa que pudiera estar desfasada en el momento en el que el magnetófono se vende. Un esquema que ha atraído recientemente alguna atención ha sido la idea de cintas clasificadas (una estrella, dos estrellas, etc.) con un conmutador de polarización sobre el magnetófono, correspondiendo a los distintos tipos. Esta solución ha encontrado poco eco en los fabricantes de cintas, quienes sienten que podrían encontrar dificultad en mantener las características de la cinta en el grado especificado y que podrían surgir problemas si se consiguiesen recubrimientos de cintas mucho mejores.

Las iferencias entre las cintas de dióxido de cromo y las férricas son incluso mayores que las que existen entre los distintos tipos que hay de estas últimas. Se suele leer en informes de pruebas que las cintas de dióxido de cromo dan un intervalo de frecuencia mucho más extendido. Esto es verdad únicamente si el magnetófono se ajusta correctamente para la cinta de dióxido de cromo, lo que ocurre únicamente en muy pocos de ellos. Utilizar cintas de dióxido de cromo sobre un magnetófono que está preparado únicamente para cintas de tipo férrico o está incorrectamente ajustado para las de cromo, puede ser muy desalentador. La razón es que el dióxido de cromo tiene una coercitividad mayor y un nivel de saturación más alto que el óxido férrico. La respuesta en frecuencia extra que se puede conseguir de las cintas de dióxido de cromo, no proviene tanto de la cinta en sí misma (aunque esto contribuye), como del hecho de que las frecuencias más altas pueden ser elevadas mucho más durante la grabación (véase capítulo 6) sin saturar la cinta. Esto necesita un cambio en los circuitos electrónicos del grabador, tanto para la grabación como para la reproducción, así como un ajuste de la polarización totalmente diferente. Magnetófonos de alta calidad capaces de utilizar

cintas de dióxido de cromo de forma óptima, deben tener un conmutador para cambiar estos ajustes, y este conmutador estará etiquetado como «cromo/férrico» o «cromo/regular». Un estudio cuidadoso de los circuitos que se utilizan revelan, sin embargo, que solamente unos pocos tipos de magnetófonos realizan el programa completo de cambios que se necesita; únicamente informes de prueba pueden ayudar al usuario a efectuar una sabia elección.

Cintas de ferrocromo

A causa de los resultados .n poco variables que se han obtenido utilizando cintas de dióxido de cromo, los fabricantes han intentado recientemente, combinar las ventajas de ambos tipos de recubrimiento. Algunas cintas han sido preparadas utilizando recubrimientos que son mezclas de materiales férricos y de dióxido de cromo, pero las cintas más interesantes han sido aquellas que utilizan dos capas separadas con la de dióxido de cromo en el exterior (Fig. 5.4).

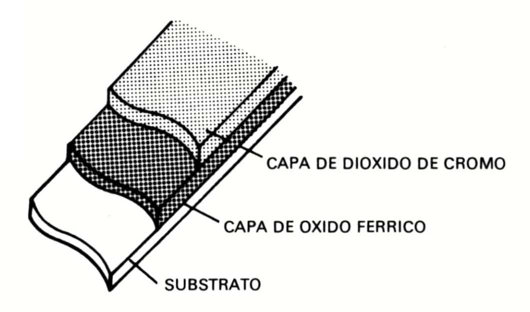


FIG. 5.4. Cintas de ferrocromo de dos capas. Estas cintas sólo están disponibles a precios muy elevados. Cuando se utilizan conjuntamente con magnetófonos y fuentes sonoras de gran calidad, se pueden conseguir excelentes grabaciones.

El principio que se sigue aquí es que las líneas de flujo magnéticas se pueden curvar aproximadamente de la misma manera que el camino de un rayo de luz cuando pasa de una sustancia a otra. Las cintas de recubrimiento dual trabajan según este principio, curvando los caminos de flujo de manera que se reduce grandemente la dispersión de dichas líneas y consiguiendo así un mejor intervalo de frecuencias para una abertura y una polarización dada. Estas cintas se pueden utilizar con ajustes de polarizaciones similares a los de las cintas férricas y con los mismos circuitos para procesamiento de señal.

Las frecuencias altas, parece ser que con los recubrimientos dobles se graban principalmente en la capa de dióxido de cromo y las frecuencias bajas en la capa férrica. Tanto el intervalo de frecuencia como el intervalo dinámico se mejoran cuando se les compara con las cintas férricas, y los niveles de distorsión son inferiores a los que se encuentran utilizando cintas de cromo grabadas a nivel máximo.

Sin embargo, el control de fabricación de los recubrimientos de tipo dual es difícil, de manera que las cintas de ferriocromo son caras incluso cuando se las compara con las cintas de cromo, las cuales a su vez son mucho más costosas que las cintas férricas. En la actualidad muy pocos magnetófonos tienen la posibilidad de utilizar cintas de ferricromo. Un fabricante, Aiwa, ha emprendido el camino de hacer ajustables la polarización y los circuitos electrónicos y ha dado una relación de los ajustes óptimos para diferentes tipos de cinta.

Ruido

Como ya observamos en el capítulo 3, una cinta virgen que se reproduce con los controles de volumen al máximo, producirá una señal o sonido de fondo que llamamos fondo de cinta o ruido. Esta señal aparece porque el material de la cinta nunca puede ser completamente desmagnetizado, de

la misma manera que el surco de un disco no puede hacerse completamente regular (de aquí el «ruido» de un disco), y la ligera magnetización de las partículas da una señal que no es una nota musical simple, sino una mezcla de señales de todas las frecuencias. Si pasamos ahora la cinta virgen a través del magnetófono con el botón de grabación conectado, pero con ninguna señal de entrada (de manera que no deberíamos estar grabando nada), aplicaremos a la cinta únicamente la onda de polarización en la cabeza de grabación. Cuando reproducimos esta cinta, encontraremos que el ruido es ahora mucho más grande aunque ninguna señal está presente. La razón es que la onda de polarización, aunque su frecuencia es demasiado alta para ser grabada tiene incorporado el magnetismo de las partículas de la cinta, lo que altera su magnetismo residual (Fig. 5.5).

Recuérdese que el fabricante intenta colocar las partículas de manera que todas apuntan en un sentido, lo cual también tiende a mantener cualquier magnetismo residual dispuesto en una dirección. Es como si tuviéramos un conjunto de damas en un tablero, el cual ha sido sacudido golpeando a cada una fuera de su sitio. Cada cristal sobre la cinta actúa como un pequeño imán, y el efecto de la polarización ha sido dejarlo con su magnetismo apuntando en una dirección ligeramente distinta, la cual es diferente para cada partícula.

El ruido de la cinta originado por la polarización se puede reducir mediante una elección adecuada del tamaño de la partícula, así como de su tratamiento y haciendo que la onda de polarización sea lo más sinusoidal posible, pero nunca puede ser eliminado completamente. Como ya hemos hecho notar anteriormente, esto afecta al intervalo dinámico de las señales que podemos grabar, a causa de las notas musicales más suaves que deberán estar por encima del nivel de ruido si deseamos escucharla en la reproducción. Al contrario de la grabación en disco, en la cual un cambio a una velocidad más baja reduce el ruido notablemente, en los magnetófonos esta técnica no mejora el ruido, así que los progresos que se han hecho en grabación en cinta

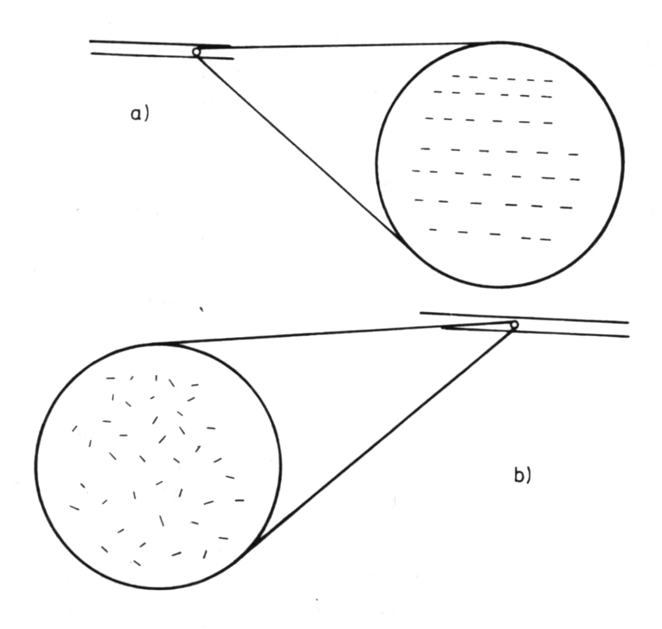


FIG. 5.5. Ruido de cinta. En estos diagramas utilizamos líneas discontinuas para representar la dirección de magnetización de las partículas en la cinta. Incluso cintas no magnetizadas tendrán algunas partículas débilmente magnetizadas: *a*), una cinta de bajo ruido tendrá todo el magnetismo dispuesto en una línea tal como se muestra: *b*), el desorden en las direcciones de magnetismo origina una señal fluctuante en la reproducción, y esta señal es el ruido.

utilizando pistas más estrechas, han hecho del ruido un problema más acuciante. Como hemos explicado, el empleo de pistas estrechas lleva consigo un aumento del ruido, ya que las pistas contendrán menos partículas magnéticas, de forma que la señal de salida es menor; pero estas partículas pueden ser justamente sacudidas por la polarización de manera que el ruido no se reduce en gran manera.

A pesar de esto, el nivel de S/N en las cassettes de hoy en

día, en los magnetófonos de bobina abierta más económicas de hace quince años, y la razón principal es el gran esfuerzo que se ha puesto en el desarrollo de mejores materiales y procesos en relación con la cinta. Hemos alcanzado casi el final del camino respecto al estado de desarrollo actual, a menos que utilicemos cintas de una manera muy diferente (como se hace para grabación en vídeo), y las principales mejoras en la relación S/N deben venir ahora de técnicas de procesamiento de señal (véase cap. 7), o del uso de cintas más anchas, como en el sistema Elcaset.

Niveles de grabación

Cuando se fabrica un magnetófono, la señal de polarización se ajusta (al menos en eso confiamos) de manera que se obtengan resultados óptimos con un tipo particular de cinta. La mayoría de los sonidos que necesitamos grabar, pueden tener un intervalo dinámico, el cual cae dentro de la cinta. Si se necesitase, podríamos ajustar la cantidad de señal que se graba en dos formas diferentes. Un procesamiento consistiría en que los sonidos más débiles de la señal, estuvieran justo por encima del nivel de ruido de la cinta. Si ajustáramos el control de volumen de grabación a este nivel, sobre las notas más fuertes del pequeño intervalo dinámico de las señales, la cinta no se saturaría, si bien ocurriría la saturación en el caso en que el intervalo dinámico fuese grande. El otro método consiste en ajustar los controles de volumen de grabación, de manera que la cinta esté casi saturada por las señales más fuertes. Para música de pequeño intervalo dinámico, esto nos aseguraría que las señales más suaves todavía estarían por encima del nivel de ruido; sin embargo, música de un gran intervalo dinámico sería entonces grabada con las notas más suaves perdidas a causa del ruido.

En la práctica usamos siempre una versión del segundo método, porque es más fácil medir cuando están producién-

dose las notas más fuertes que cuando tenemos las notas más suaves. Lo que complica el proceso de controlar el nivel de volumen en la grabación es que la saturación de la cinta no es algo que ocurra rápidamente como «la caída desde un acantilado». Si grabamos una nota uniforme, no hay cambio rápido para una gran distorsión originada por saturación al hacer mayor el nivel de grabación, de manera que debemos decidir por nosotros mismos cuándo nos detenemos. Muchas especificaciones de prueba delimitan esta línea divisoria cuando el sonido reproducido se distorsiona aproximadamente un 3 por 100. Esto significa que cuando se graba un sonido de una frecuencia pura el sonido reproducido contendrá otras frecuencias producidas por la distorsión cuyas amplitudes se añaden hasta un 3 por 100 del total. Este valor de distorsión es muy perceptible por el oído y contrasta con el 0,1 por 100 de distorsión que se suele dar en los amplificadores, pero esta cifra del 3 por 100 es un valor común para los sistemas de grabación, lo cual no significa que debamos grabar siempre a este nivel de distorsión.

Todos los magnetófonos llevan alguna forma de aviso cuando se supera este nivel del 3 por 100 de distorsión o de mantener la señal de entrada por debajo de este nivel. La dificultad que el usuario del magnetófono tiene es que no conoce necesariamente cómo se corresponden las lecturas sobre el aparato de medida o los ajustes de los controles con el valor de la distorsión, y el hecho de que cualquier cambio en el tipo de cinta o incluso en su grosor (LP a ELP o C60 a C90) no afecta a los ajustes. Por esta razón tenemos que descubrir por nuestros propios medios cómo deberíamos interpretar las lecturas del aparato de medida; este asunto se trata en el capítulo 8.

Sin embargo, si se conecta el magnetófono cualquier cambio en el material de la cinta, significará que tendríamos que repetir todo nuestro trabajo. Este es un fuerte argumento para no cambiar de tipo de cinta a lo largo de toda la grabación. Si es posible averiguar qué tipo de cinta se utilizó para su ajuste en la fábrica, el método más simple es utilizar esa

cinta. Sin embargo, esto no es fácil. Algunos fabricantes simplemente no revelan qué tipo de cinta usaron. Algunos suministran cintas propias como muestra, pero éstas están fabricadas por una firma importante cuyo nombre no se revela. La mayoría de los magnetófonos japoneses se ajustan utilizando cintas Maxell, ya que el uso de esta cinta está normalizado en Japón, pero un fabricante que ajuste sus modelos para exportación utiliza cintas Ampex. Los fabricantes de magnetófonos europeos (tales como Revox Ferrograph, Tandberg, B & O) suelen ajustarlos con cintas hechas por BASF, pero no es fácil determinar cuál es el tipo que se utilizó. El punto es particularmente importante cuando se usan magnetófonos de cassette, porque las pistas estrechas y la baja velocidad que presentan significa que cualquier cosa que se pueda hacer para majorar la calidad, debe hacerse si se desea conseguir resultados aceptables.

6

SISTEMAS ELECTRONICOS

Para un ingeniero de la era Victoriana, familiarizado con el telegráfono de Poulsen, la parte mecánica de un magnetófono y cinta moderna no tendría misterio y la cabeza de la cinta misma, aun estando construida por métodos desconocidos en aquel tiempo y por materiales no soñados entonces, sería reconocible por los diseños de Poulsen. Sin embargo, las partes electrónicas del magnetófono quedarían totalmente fuera de su comprensión, ya que ninguna de las ideas que condujeron al rápido desarrollo de la electrónica se conocían entonces. A propósito, este mismo competente ingeniero sería capaz de entender todas las partes de un coche actual, a partir de la tecnología de su época (excepto la radio).

Los sistemas electrónicos de un magnetófono moderno tienen que efectuar diversas tareas. Una de ellas es la amplificación —realizando una copia a mayor escala de una señal eléctrica—. Se necesita la amplificación por dos razones. En primer lugar porque la señal de salida de los micrófonos que se utilizan hoy en día es muy pequeña: del orden de una milésima del valor de la señal que se obtiene en un micrófono de carbón (si bien de mucha mejor calidad). Esta pequeña señal no puede aplicarse directamente a la cabeza grabadora de un magnetófono; debe amplificarse en primer lugar. Existe una segunda razón para efectuar la

amplificación: la señal de salida de la cabeza es muy pequeña cuando el sistema se encuentra en reproducción; es incluso tan pequeña como la señal que se obtiene de un micrófono y por consiguiente, es necesario efectuar su amplificación antes de que pueda usarse para activar un altavoz, obteniéndose las correspondientes ondas sonoras. La igualación es otra tarea realizada por el sistema electrónico. Como se verá, la copia perfecta de la forma de onda original grabada sobre la cinta, da resultados muy malos si la reproducimos. Los circuitos de igualación en la reproducción y los circuitos de preacentuación al grabar, alteran de tal forma la señal que cuando esta se reproduce es más satisfactoria. Una acción similar se lleva a cabo mediante circuitos de reducción de ruido; pero éstos son tan importantes y tan especializados que los trataremos en el próximo capítulo. A causa de la necesidad de una señal de corriente alterna a alta frecuencia para la polarización y el borrado, un oscilador es una parte esencial de los circuitos electrónicos, salvo en los magnetófonos más baratos. Los osciladores son circuitos que generan señales de corriente alterna, a partir de una fuente de potencia de corriente continua.

Además de todas estas tareas esenciales de procesamiento de señales, los circuitos electrónicos se pueden utilizar para controlar la velocidad del motor, para limitar el nivel de señal o controlar el nivel de grabación, o para parar automáticamente o invertir la grabación al final de la cassette, cinta o pista.

En el contenido de un capítulo no podemos ni siquiera empezar a explicar cómo los componentes electrónicos llevan a efecto estas tareas; aquellos lectores interesados en conocer cómo trabajan los circuitos electrónicos, encontrarán una amplia explicación en otro volumen de esta serie de «Manuales prácticos». Nos concentraremos aquí sobre los diagramas de bloques de los magnetófonos, enfocando la cuestión en los objetivos de los circuitos electrónicos más que en cómo trabajan. Los diagramas de bloques son una manera de desmenuzar la acción de los circuitos elec-

trónicos complicados en partes más simples. Cada bloque, un cuadrado, rectángulo o triángulo representa alguna parte del circuito que efectúa una tarea particular de amplificación, oscilación, igualación o cualquier cosa que sea necesaria. Mirando un diagrama de bloques, podemos ver lo que sucede a la señal mucho más claramente que si miramos el esquema del circuito; nos podemos concentrar sobre lo que se está haciendo mejor que sobre los detalles del circuito.

Diagrama de bloques-grabación

A modo de ejemplo, la figura 6.1, muestra un diagrama de bloques de un magnetófono conmutado a la posición de grabación. En este diagrama hemos supuesto que la señal que se va a grabar viene de un micrófono, pero igualmente podíamos haber supuesto un receptor de radio o un tocadiscos (admitiendo que existe permiso para los derechos de autor). El primer paso es siempre una amplificación en tensión. La tensión es una medida de la intensidad (amplitud)

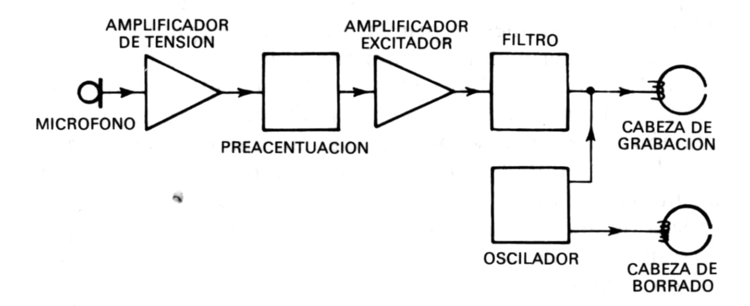


FIG. 6.1. Diagrama de bloques para los circuitos electrónicos conmutados a la posición de grabación. Hay que observar que el oscilador suministra tanto la señal de borrado a la cabeza de borrado como la polarización a la cabeza de grabación.

de la señal eléctrica, y la señal eléctrica de un micrófono será muy pequeña, alrededor de una milésima de voltio, (milivoltio). El amplificador de tensión, que en el diagrama del circuito del magnetófono puede consistir en algunos transistores y otros componentes, se representa en el diagrama de bloques por un símbolo triangular, con la señal de entrada del orden de un milivoltio por el lado vertical, y la salida del orden de un voltio por el vértice opuesto.

El paso siguiente es la preacentuación, representada por un cuadrado. En este bloque se distorsiona deliberadamente la señal para compensar los efectos de la abertura de la cabeza de grabación sobre las altas frecuencias contenidas en la señal. La cantidad de señal en este punto (su nivel de tensión), habrá sido controlada antes que la señal alcance esta etapa por el control de volumen. Los circuitos utilizados en la preacentuación pueden estar fijos, como sucede en un magnetófono tipo cassette; sin embargo, un magnetófono que tenga varias velocidad debe tener diferentes circuitos de igualación para cada velocidad, de manera que estos circuitos habrán de conmutarse y corresponderá un circuito diferente para cada velocidad.

El bloque de preacentuación va seguido por otra etapa amplificadora, llamada muy a menudo etapa de excitación. Al contrario de nuestro primer bloque de amplificación, en éste no se experimenta un aumento grande en la tensión de la señal, sino que se obliga a la señal de corriente a pasar a través de las bobinas de la cabeza de grabación. La etapa de excitación tiene que diseñarse de manera que la misma cantidad de tensión de la señal a diferentes frecuencias excite la misma cantidad de corriente a través de las bobinas de la cabeza de grabación. Esto no es realmente sencillo, porque la resistencia de la cabeza de grabación a la corriente es mayor a altas frecuencias que a bajas.

El oscilador es un bloque separado, que suministra corriente alterna de una frecuencia alta a la cabeza de borrado que es independiente, y también da una señal de la misma frecuencia pero a una tensión mucho menor, a la cabeza de

grabación para actuar como una polarización. Debemos ser capaces de controlar el valor de esta corriente de polarización (aunque este control no está disponible al usuario y está dentro del magnetófono), pero la tensión de borrado no necesita ser controlada, ya que su valor es lo bastante grande para borrar todo posible tipo de cinta. El bloque marcado como «filtro» está localizado entre el excitador y la salida del oscilador de polarización, y evita que la señal de polarización regrese al amplificador de excitación, donde no es necesaria.

Diagrama de bloques-reproducción

La figura 6.2 muestra el diagrama de bloques de un magnetófono conmutado a la posición de reproducción. La pequeña señal viene ahora de la cabeza de reproducción y debe ser llevada a un amplificador de tensión antes de que podamos trabajar con ella. La amplificación que se necesita

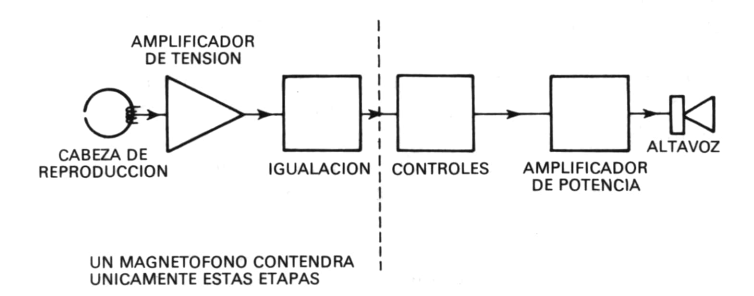


FIG. 6.2. Diagrama de bloques de los circuitos electrónicos conmutados en la posición de reproducción. Una platina magnetofónica no lleva etapas de salida ni controles de reproducción, de manera que sus circuitos terminan en la posición indicada por la línea punteada.

es del mismo orden que se requería al grabar la señal de un micrófono y a menudo se utiliza el mismo amplificador. Una vez amplificada la señal tiene que ser igualada para compensar los efectos de la cabeza de reproducción sobre la señal grabada, y otra vez aquí, si el magnetófono tiene varias velocidades, este circuito tiene que ser diferente para velocidades diferentes.

Después de la igualación existe una sección de controles, conteniendo los controles de volumen, agudos y bajos, los cuales serán utilizados cuando el magnetófono excite directamente a los altavoces en un sistema de buena calidad. En muchos cassettes y magnetófonos ya antiguos, de bobina abierta, únicamente aparece un control de volumen. Un magnetófono que pensamos utilizar junto con un sistema ya existente de amplificador/altavoz probablemente no tendrá un control de volumen en la reproducción, ni siquiera un control de preajuste, ya que estos controles así como los de bajos y agudos se encuentran en el amplificador.

Para platinas magnetofónicas éste es el final de la línea; pero un magnetofón que contenga su propio altavoz o se use con un altavoz o varios, tendrá uno o (para estéreo) dos amplificadores de potencia. La etapa amplificadora en potencia, como su nombre indica, proporciona a la señal la suficiente potencia para excitar un altavoz, aunque probablemente no amplificará mucho el nivel de tensión.

Muy pocos magnetófonos utilizan circuitos completamente independientes para la grabación y reproducción, de manera que un diagrama de bloques completo tendría que mostrar los bloques existentes, junto con la conmutación que cambia su uso. Algunos de los cambios son pequeños; por ejemplo, el amplificador de tensión que se utiliza para grabar la señal de un micrófono, se puede conmutar de manera que se utilice también en la reproducción para amplificar la señal de la cabeza de grabación. Otros cambios son menos simples; por ejemplo, el amplificador de potencia utilizado para excitar el altavoz cuando reproducimos, se conmuta a menudo de forma que pueda actuar como un

oscilador cuando estamos en posición de grabación. Como ahora nos interesan sólo los diagramas de bloques, ignoraremos aquí esta conmutación. En cualquier caso la conmutación utilizada varía de un magnetófono a otro.

Ganancia

La señal de un micrófono o de una cabeza de cinta es muy débil y está rodeada por señales de interferencia, particularmente las que provienen de los arrollamientos principales, las cuales son mucho más fuertes. La necesidad más urgente, por tanto, es amplificar esta señal débil de manera que sea mucho más fuerte que las señales que interfieren —ésta es la tarea de un amplificador en tensión—. La amplificación en tensión no aumenta necesariamente la potencia de una señal; la señal que sale del amplificador no tiene la potencia suficiente para excitar un altavoz ni incluso una cabeza del magnetófono directamente, pero hace que la señal sobresalga de las interferencias de manera que podamos operar sobre ella. La habilidad de la señal para sobresalir se mide por la tensión de la señal, de manera que el amplificador en tensión aumenta esta cantidad; ello nos lleva al concepto de ganancia.

La ganancia en tensión es un cociente, un número que nos dice cuantas veces es mayor la señal de salida que la señal de entrada (Fig. 6.3). Si medimos las dos señales, en entrada y salida, utilizando las mismas unidades, entonces la ganancia en tensión es igual a

$$\frac{\text{Señal de tensión de salida}}{\text{Señal de tensión de entrada}}$$

Como ya hemos mencionado, este valor puede ser del orden de 1000. Si por ejemplo, la señal en el amplificador del micrófono o de una cabeza es 1 mV (1/1000 V) y la señal

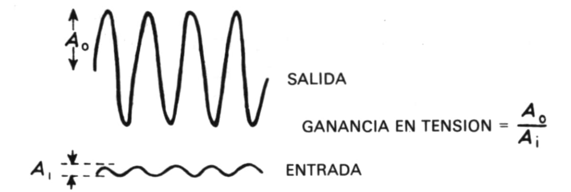


FIG. 6.3. Ganancia en tensión. La amplitud de las señales de entrada y salida del amplificador se miden mediante instrumentos, normalmente con un oscilógrafo de rayos catódicos.

de salida es de 1 V, entonces la ganancia es exactamente de 1000.

Una ganancia de 1000 nos parece bastante grande, pero nuestros oídos no opinan de igual manera. Una idea mucho mejor de cuánta ganancia necesitamos en unidades que se acoplan a lo que nuestros oídos oyen, se obtiene utilizando la escala de decibelios. La escala de decibelios, llamada así en honor de Graham Bell, inventor del teléfono, es un medio de obtener valores de ganancia que están de acuerdo con lo que nuestros oídos nos dicen acerca del volumen del sonido. Para convertir una ganancia en tensión en decibelios, utilizamos la fórmula

$$\text{dB} = 20 \log \frac{V_{\text{salida}}}{V_{\text{entrada}}}$$

(tomamos la ganancia en tensión, determinamos su logaritmo en una tabla o mediante una calculadora y multicamos este valor por 20 o hacemos uso de la tabla 6.1. En esta tabla vemos que una ganancia en tensión de 1 000 es una ganancia de 60 decibelios. Lo que esto significa realmente es que, si pudiéramos reconvertir a sonido la señal de salida del amplificador en tensión, se percibiría sesenta veces más fuerte que la señal de entrada. Hablando estricta-

mente, no deberíamos utilizar la escala de decibelios para la ganancia en tensión (fue pensada para ganancia en potencia), pero su uso está tan extendido que debemos de aceptarlo.

Respuesta en frecuencia

Cualquier parte de un sistema que trata con señales de frecuencias diferentes tendrá una respuesta en frecuencia que podemos medir, ya sea un micrófono, un amplificador en tensión, las cabezas de una cinta, el mismo magnetófono o un altavoz. Ninguno de estos elementos se comportará de la misma manera en respuesta a señales de diferentes frecuencias, y para cada uno de ellos podemos dibujar una gráfica que nos muestra la conducta de los mismos a frecuencias diferentes.

Para un amplificador de voltaje, se utiliza la gráfica de la ganancia en tensión de decibelios en función de la frecuencia, de manera que ésta nos muestra qué valor de ganancia tenemos en cada frecuencia. Como el intervalo de frecuencia que podemos oír es relativamente grande, conviene que la escala de frecuencia sea una escala logarítmica, en la cual cada paso a lo largo de la escala representa diez veces la frecuencia del paso previo. Sin este artificio, nuestras gráficas serían demasiado grandes para poder contemplarlas en una sola mirada.

La escala de decibelios

La comparación de valores diferentes de potencia, tensión y corriente se hace, a menudo, utilizando decibelios, ya que esta magnitud se corresponde más adecuadamente al efecto que sobre el oído producen las variaciones en la señal. La definición de un decibelio es:

$$\mathrm{dB} = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$$

donde P_2 y P_1 son las potencias que se comparan.

Este uso de la escala de decibelios es correcto, siempre que las medidas de potencia se realicen de la misma manera.

Hablando estrictamente, los decibelios se deben utilizar para comparar valores de tensión y corriente sólo cuando los niveles de impedancia en que se efectúan las dos lecturas sean idénticos. Esto se suele ignorar cuando la escala de decibelios se utiliza únicamente para comparar condiciones diferentes con la impedancia sin alterar. Por ejemplo, si un amplificador tiene una resistencia de entrada de 50 k y una resistencia de salida de 2 ohm, no deberíamos anotar la ganancia en tensión en decibelios. Podemos, sin embargo, tomar la ganancia a 400 Hz como 0 decibelios y comparar esto con la ganancia a otras frecuencias, de manera que podemos dar valores tales como 3 decibelios a 15 Hz y a 25 kHz.

Cuando se comparan razones de tensión o corriente, la fórmula se transforma en:

$$\mathrm{dB} = 20 \log \frac{V_2}{V_1} \quad \text{o} \quad 20 \log \frac{I_2}{I_1}$$

Las tablas siguientes se pueden utilizar para determinar la ganancia correspondiente a cualquier valor de decibelios dados, o el valor de decibelios que corresponde a una determinada ganancia.

Transformación de decibelios a ganancia en potencia

Para utilizar la tabla, se dividen los valores de decibelios en decenas y unidades. Se examina el valor de la decena en la columna izquierda y el de las unidades en la fila superior. La intersección da la relación de potencia correspondiente al valor de los decibelios. Hay que observar que un aumento de 10 decibelios significa multiplicar todos los valores por 10, de manera que los valores estarán en la línea superior, y las potencias de 10 por las cuales se multiplica, en las líneas siguientes.

Unidades	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Decenas	1,26	1,58	1,99	2,51	3,16	3,98	5,01	6,31	7,94
1	10^1, o 10 veces la cifra de arriba								
2	10^2, o 100 veces la cifra de la primera fila								
3	10^3, o 1000 veces la cifra de la primera fila								
4	10^4, o 10 000 veces la cifra de la primera fila								
5	10^5, o 100 000 veces la cifra de la primera fila								
6	10^6, o 1 000 000 veces la cifra de la primera fila								

Paso de decibelios a ganancia en tensión o corriente

Unidades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Decenas										
0	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	1,99	2,24	2,51	2,81	3,16
1	3,55	3,98	4,47	5,01	5,62	6,31	7,08	7,94	8,91	10,0
2	Los números de esta fila son 10 veces la cifra de la primera fila									
3	Los números de esta fila son 10 veces la cifra de la segunda fila									
4	Los números de esta fila son 100 veces la cifra de la primera fila									
5	Los números de esta fila son 100 veces la cifra de la segunda fila									
6	Los números de esta fila son 1 000 veces la cifra de la primera fila									
7	Los números de esta fila son 1 000 veces la cifra de la segunda fila									
8	Los números de esta fila son 10 000 veces la cifra de la primera fila									
9	Los números de esta fila son 10 000 veces la cifra de la segunda fila									
10	Los números de esta fila son 1000 000 de veces la cifra de la primera fila									

Transformación de la ganancia en potencia en decibelios

La ganancia en potencia se expresa como un número (con una cifra decimal) y una potencia de 10; así, pues, 312 se indica $3{,}1 \times 10^2$ (ó $3{,}1 \times 100$). El valor correspondiente en decibelios a este número se busca en la tabla, utilizando la fila superior para la parte decimal y la primera columna para el número entero. En la intersección de ambos se encuentra el valor buscado. El valor correspondiente a la potencia 10 se determina también y los dos se suman. Por ejemplo, una ganancia de 540 es $5{,}4 \times 100$

dB correspondiente a 5,4 = 7,32
dB correspondiente a 100 = 20
dB correspondiente a 540 = 27,32

Transformación de la ganancia en tensión en decibelios

Para utilizar la tabla de ganancia en tensión, duplicamos el número encontrado, de manera que una ganancia en tensión de 540 serían 54,64 dB.

Ganancia	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	0	0,41	0,74	1,14	1,46	1,76	2,04	2,30	2,56	2,78
2	3,01	3,22	3,42	3,61	3,80	3,98	4,15	4,21	4,47	4,62
3	4,77	4,91	5,05	5,18	5,31	5,44	5,56	5,68	5,79	5,91
4	6,02	6,12	6,23	6,33	6,43	6,53	6,62	6,72	6,81	6,90
5	6,99	7,02	7,16	7,24	7,32	7,40	7,48	7,56	7,63	7,71
6	7,78	7,85	7,92	7,99	8,06	8,13	8,19	8,26	8,32	8,39
7	8,45	8,51	8,57	8,63	8,69	8,75	8,81	8,86	8,92	8,97
8	9,03	9,08	9,14	9,19	9,24	9,30	9,34	9,39	9,44	9,49
9	9,54	9,59	9,64	9,68	9,73	9,77	9,82	9,87	9,91	9,95
10	10									
100	20									
1 000	30									
10 000	40									
100 000	50									
1 000 000	60									

La respuesta en frecuencia de un amplificador en tensión actual es, generalmente, muy buena. Una gráfica perfecta de respuesta en frecuencia sería una línea recta con pendiente nula, lo que se denomina respuesta plana. Nada es nunca perfecto y, normalmente, encontramos que la gráfica de respuesta en frecuencia es plana únicamente en un intervalo limitado de frecuencia. El diseño de amplificadores de tensión, sin embargo, ha progresado hasta el extremo de que la respuesta en frecuencia puede hacerse plana en todo el intervalo de audio, cayendo únicamente a frecuencias muy bajas, las cuales no necesitamos amplificar, y a frecuencias muy altas que no podemos oír (Fig. 6.4).

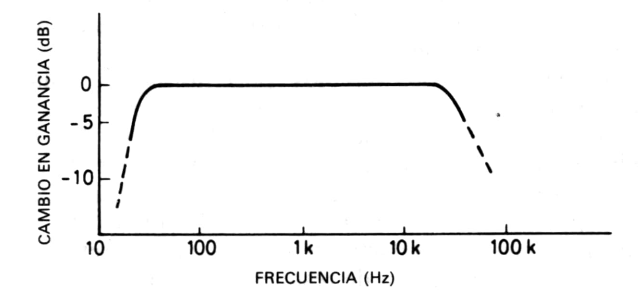


FIG. 6.4. Respuesta en frecuencia. Utilizamos la escala de decibelios para representar cambios en la ganancia, de manera que únicamente aquellos cambios relativamente grandes, aparecen en la gráfica. Una gráfica de este tipo se puede obtener en la mayoría de los amplificadores que presentan una calidad razonable. La línea de 0 dB representa la ganancia a 400 Hz.

Sería muy conveniente que la respuesta en frecuencia del amplificador de tensión se pudiese obtener completa en un magnetófono; sin embargo, desgraciadamente, la cinta y la cabeza actúan para evitarlo. Durante la grabación, dos efectos importantes originan problemas. Uno es que

las bobinas de las cabezas, como ya hemos dicho anteriormente, no se comportan de la misma manera en el intervalo de altas frecuencias y en el de bajas: tienen más resistencia (más correctamente, impedancia) en las altas frecuencias. Nuestro objetivo es grabar de manera que señales de la misma amplitud en tensión originen el mismo valor de flujo en la cinta, y esto significa que la señal de corriente que pasa por la cabeza debería ser idéntica para tensiones idénticas, independientemente de la frecuencia. A causa de que las bobinas de la cabeza resisten más el paso de la corriente a altas frecuencias, deberemos aplicar una tensión superior en dicho intervalo de frecuencia para poder así mantener el mismo valor de flujo sobre la cinta. Esta es la tarea de la etapa de excitación. El otro efecto es que la abertura de la cabeza da lugar a que la respuesta en frecuencia caiga a frecuencias altas; este efecto es menos fácil de compensar, como veremos posteriormente. Cuando hacemos una curva de respuesta para una cabeza de grabación, tomamos una señal a una frecuencia de 400 Hz y medimos el flujo magnético que esto origina sobre la cinta, ajustando la señal hasta que la cinta no está saturada. Si se compara entonces el valor del flujo sobre la cinta para la misma señal de corriente a frecuencias diferentes, podemos dibujar una curva de respuesta para la combinación de la cabeza de grabación y de la cinta (Fig. 6.5). Esto se corrige mediante la preacentuación.

La figura 6.6 representa la respuesta en frecuencia de una cabeza de reproducción. Debido a que la tensión de salida de una cabeza de reproducción depende de la frecuencia de la señal grabada, así como del flujo sobre la cinta, la salida es muy baja a frecuencias bajas, se eleva hasta un máximo y, finalmente, cae cuando la abertura de la cabeza comienza a afectar a la respuesta. Otra vez tenemos que compensar estos efectos, si deseamos que la grabación sea igual al sonido original; esto se efectúa en el bloque que hemos denominado de igualación en la figura 6.2. En la figura 6.7 se representan las gráficas de

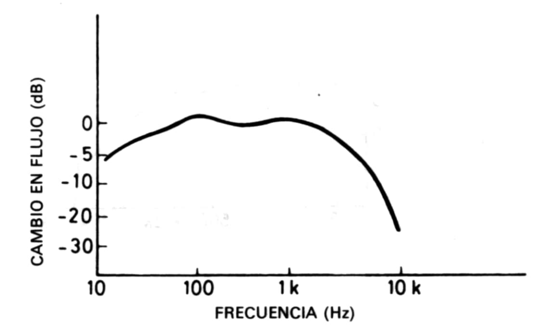


FIG. 6.5. Respuesta de la cabeza de grabación. En esta gráfica se muestran cambios de la densidad de flujo (expresado en decibelios para poderla comparar con la gráfica del amplificador) en función de la frecuencia. La pendiente excesivamente decreciente a frecuencias altas está causada por la abertura de la cabeza. La línea de 0 dB representa la densidad de flujo sobre la cinta a 400 Hz.

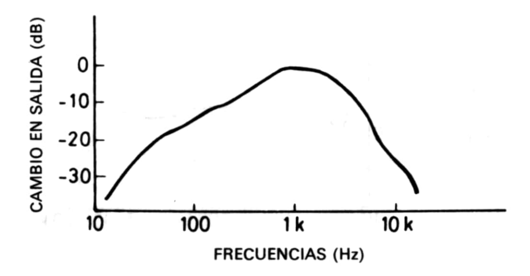
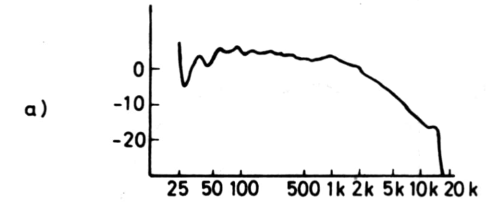
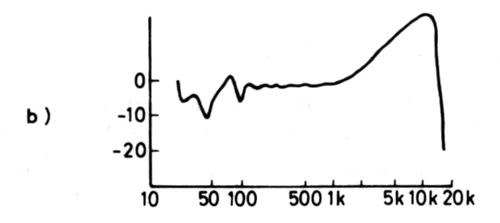


FIG. 6.6. Respuesta de la cabeza de reproducción. Para una cinta con la misma densidad de flujo máxima en todas las frecuencias grabadas, la tensión de reproducción toma esta forma. La pendiente de tipo creciente de las frecuencias bajas, se origina porque la tensión de salida es proporcional a la frecuencia; la pendiente decreciente desde el pico de los agudos, está originada por el tamaño de la abertura de la cabeza. La línea de 0 dB representa la salida a 1 kHz.





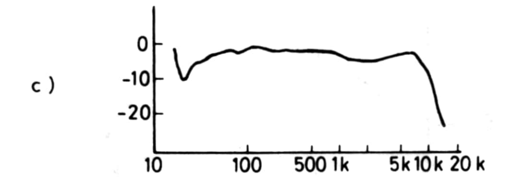


FIG. 6.7. Respuesta global mostrando los efectos de preacentuación e igualación. Estas gráficas se obtienen grabando una escala deslizante de notas con amplitud constante y reproduciéndola sobre un instrumento de medida: *a*), una respuesta razonablemente regular con pérdidas en los agudos; *b*), una gráfica pobre con agudos estridentes; *c*), una buena respuesta. Estas gráficas se obtuvieron de pruebas sobre cassettes.

respuesta global, mostrando los efectos de la preacentuación y de la igualación.

Distorsión

El nombre de «amplificador» es ligeramente engañoso, ya que los amplificadores no hacen una señal más grande, sino una copia mayor de una señal pequeña. La diferencia es importante, porque, normalmente, la copia no es perfecta; está distorsionada. Una respuesta en frecuencia incorrecta es una forma de distorsión, porque esto significa que la señal de salida no es idéntica a la señal de entrada; no se han amplificado de la misma forma las frecuencias o muy altas o muy bajas.

Otra forma muy importante de distorsión es la distorsión armónica. Cuando el proceso de copia, bien en el amplificador o en el magnetófono, no sea perfecto, la forma de onda de la señal se modificará. Con respecto al oído, esto causa que una nota suene de forma áspera, con zumbidos e irreal, y, en definitiva, con un sonido extremadamente desagradable, especialmente si la distorsión es muy intensa. Como es muy difícil medir la forma de cualquier cosa, no es fácil dar un valor a la distorsión armónica total (THD)*.

Si consideramos una onda sinusoidal la cual tiene una frecuencia única y con ella alimentamos un amplificador que distorsiona, a la salida del mismo no tendremos la onda de entrada, sino una mezcla de armónicos, es decir, una serie de ondas sinusoidales con frecuencias 2, 3, 4, y cualquier número entero múltiplo de la frecuencia de la señal original (Fig. 6.8). Un amplificador perfecto no genera estos armónicos, y la cantidad de estas ondas adicionales es la característica que origina el cambio de la forma de ondas en un amplificador que presenta distorsión,

* *N. del T.*: THD = Total Harmonic Distorsion.

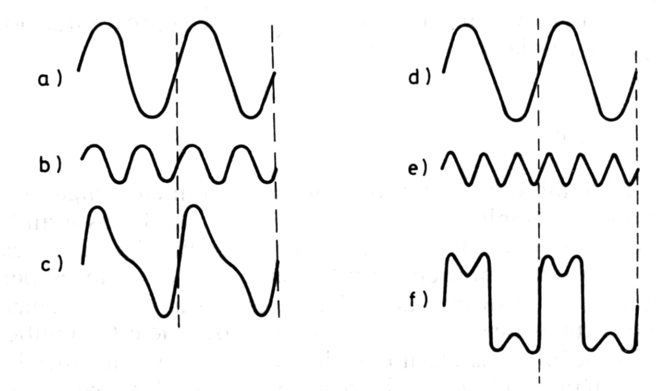


FIG. 6.8. Fundamental y armónicos. *a*) y *d*) son ondas sinusoidales con la frecuencia fundamental. *b*) es un armónico de segundo orden, onda cuya frecuencia es doble que la fundamental *a*). *e*) es un tercer armónico. *c*) y *f*) muestran los resultados de sumar estos armónicos al fundamental. Cualquier onda distorsionada tiene incorporados tales tipos de armónicos. Si podemos medir la amplitud de los armónicos, podemos utilizar esta cifra como una medida de la distorsión.

de manera que medir estas ondas adicionales es una buena medida para conocer cuánta distorsión ha tenido lugar. Podemos medir la cantidad de armónicos y compararlo con el valor de la señal de salida. Esto se suele expresar en tanto por ciento:

$$\frac{\text{Valor de los armónicos}}{\text{Valor de la señal}} \times 100 \text{ por } 100$$

y un buen amplificador tendrá un porcentaje total de distorsión del 0,1 por 100 o menos, significando con esto que la cantidad total de armónicos es 1/1000 de la cantidad de señal total. Esto es así, porque los amplificadores han

progresado mucho más que los sistemas de grabación, tanto en magnetófonos como en discos. Se suele tomar el pico del nivel de grabación sobre una cinta como la cantidad de señal que da lugar a que el nivel de distorsión sea el 3 por 100, de forma que los armónicos en este caso son 3/100 de la amplitud de la señal.

Igualación y preacentuación

La igualación y preacentuación son métodos electrónicos de compensar las limitaciones a que nos fuerzan las cabezas y la cinta. La preacentuación significa distorsionar la respuesta en frecuencia de un amplificador, de manera que algunas frecuencias se amplifiquen más que otras. Por lo que respecta a la grabación esto significa en particular que tenemos que amplificar las frecuencias altas más que las frecuencias bajas para ajustar la caída originada por la abertura de la cabeza de grabación. Si se escoge correctamente la forma de la respuesta en frecuencia del amplificador de preacentuación, podremos conseguir que la combinación del amplificador y la cabeza se comporte como si tuviera una respuesta casi plana en un intervalo mayor de frecuencias.

Esto parece muy atractivo, pero desgraciadamente hay un límite sobre la cantidad de preacentuación que podemos utilizar. Demasiada preacentuación puede causar que las señales de frecuencias altas sean tan grandes que lleguen a saturar la cinta o la cabeza durante la grabación, originando distorsiones muy fuertes. Como la distorsión armónica causada por la saturación es más molesta al oído que la falta de frecuencias altas, tenemos que limitar la cantidad de preacentuación que vamos a utilizar. Esto también nos evita el utilizar una preacentuación adicional con el fin de reducir el ruido, como discutiremos en el capítulo 7.

También se utiliza algún tipo de preacentuación de las frecuencias más bajas (bajos) en los magnetófonos tipo cassette, no porque existan pérdidas de los bajos en las cabe-

zas, sino para permitirnos utilizar alguna atenuación de los graves en el amplificador de reproducción (se suele hoy en día utilizar una caída de 3 dB a 50 Hz). Esto puede parecer algo sin sentido, pero hay una razón muy buena para ello. Como la señal de la cabeza de reproducción tiene que ser muy amplificada y la cabeza de reproducción por motivo de su construcción recoge muy rápidamente los zumbidos de la red, es casi imposible evitar algún zumbido en la señal reproducida. Si elevamos la señal realmente necesitada a frecuencias bajas antes de grabarla y la atenuamos (reducimos) en la reproducción, habremos vuelto a poner las notas necesarias en su amplitud correcta, pero habremos conseguido atenuar cualquier señal que no se necesite, tal como el zumbido. De esta manera y con poco esfuerzo por nuestra parte, se ha mejorado considerablemente la calidad del magnetófono (Fig. 6.9, *a*).

En la reproducción tenemos que llevar a cabo otras compensaciones, que ahora se denominan igualación. Una obvia es la reducción de ganancia a frecuencias bajas y a la que nos referíamos anteriormente. Otra es la compensación de la respuesta en frecuencia de la cabeza de reproducción (Fig. 6.9, *b*). Para señales de igual flujo, pero frecuencias diferentes, la salida de la cabeza de reproducción es muy baja a frecuencias bajas, elevándose cuando la frecuencia de la señal se eleva hasta que queda limitada por los efectos de la abertura de la cabeza.

Los circuitos de igualación del amplificador de reproducción deben, por tanto, amplificar las frecuencias bajas más que las frecuencias medias (pero con la frecuencia de corte en 50 Hz, como ya mencionamos anteriormente) de manera que otra vez la combinación de la cabeza y el amplificador tienen una respuesta plana. Podríamos, por supuesto, elevar las frecuencias altas en la reproducción para ayudar a vencer los efectos de la abertura de la cabeza, pero esto tiene también el efecto de acentuar el silbido de la cinta, de manera que este tipo de elevación no se utiliza.

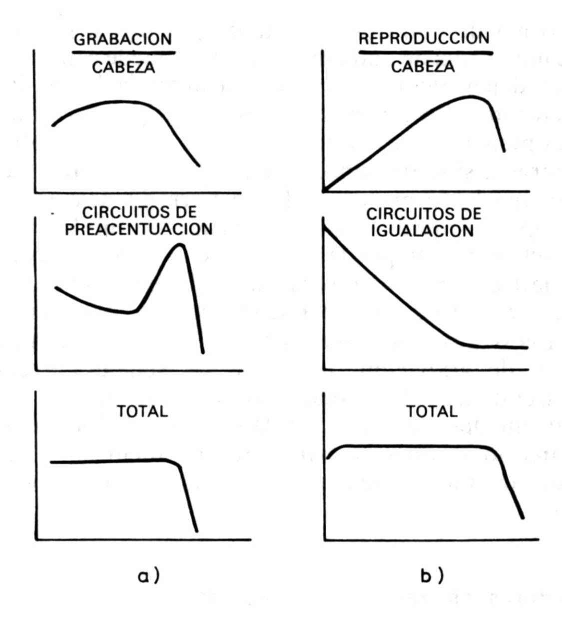


FIG. 6.9. Preacentuación e igualación: *a*), la elevación de los agudos en los circuitos de grabación corrigen las pérdidas debidas a la abertura de la cabeza de grabación; *b*), la elevación de los bajos en los circuitos de igualación corrige el efecto de que la tensión de salida sea proporcional a la frecuencia.

El oscilador

Sobre el papel, el oscilador es simplemente un circuito que da una señal de corriente alterna de frecuencia alta para las operaciones de borrado y polarización. En la práctica sin embargo, el oscilador no es tan simple. Aunque no es difícil diseñar y construir excelentes circuitos para la frecuencia que se necesita (normalmente del orden de 70-100 kHz) para el borrado y la polarización, no es lógico asegurar que la forma de onda del oscilador es una sinusoide perfecta.

Esta forma de onda es importante por dos razones: Una es que una forma de onda distorsionada puede causar que las cabezas dejen algún ruido, el cual degrada la calidad del magnetófono. En muchos cassettes de tipo económico, se puede obtener, por ejemplo, una mejor grabación sobre una cinta virgen, si se desconecta la cabeza de borrado, demostrando que la forma de onda de borrado deja tras de sí algún tipo de ruido. El otro problema es que la forma de onda del oscilador puede modularse —esto es, llevar otra onda de frecuencia más baja, normalmente zumbido de la red—. De nuevo, esto se puede detectar si podemos oir el zumbido sobre la cinta mediante el magnetófono en la posición de grabación, pero con las señales de entrada cortocircuitadas. Los magnetófonos de mejor calidad utilizan un tipo de oscilador llamado oscilador *push-pull** y el circuito se opera a partir de una fuente que ha sido cuidadosamente filtrada para eliminar los zumbidos de la red.

Limitadores y sistemas de autograbación

Como la distorsión que se origina es muy grande cuando los picos de la señal llevan a la cinta próxima a la saturación, algunos magnetófonos utilizan circuitos automáticos que limitan la cantidad de señal aplicada a la cinta. Una señal excesiva acciona un circuito que controla el amplificador de excitación de la cabeza de grabación final, reduciendo su ganancia de forma que cualquier sobrecarga es momentánea y con la ganancia normal restaurada siempre que se pasan los picos. La limitación nunca puede ser tan satisfactoria como el ajuste correcto de los controles de grabación, pero es muy útil cuando se trata de picos inesperados.

Una solución menos deseable es el control automático

* *N. del T.:* El término que se adapta mejor es «en contrafase»; sin embargo, no ha tenido demasiado éxito dentro de los profesionales del campo.

del nivel de señal. En este sistema la amplitud de la señal se mide en todo instante y se utiliza para controlar la ganancia del amplificador durante la grabación, de manera que no se utiliza ningún control sobre el volumen de la grabación. Esto es extremadamente útil cuando se utiliza el magnetófono en conjunción con un micrófono para grabar una conversación; pero cuando se utiliza para grabar música, tiene la desventaja de estrechar grandemente el intervalo dinámico, de manera que los pasajes fuertes y suaves se graban casi al mismo nivel, siendo muy notorio el ruido en los pasos más suaves, a causa de que se utiliza una mayor amplificación. Los circuitos de grabación automática con que van equipados los cassettes más económicos, son poco apropiados para la grabación de música seria y no están diseñados con este fin. Incluso en magnetófonos de mejor calidad diseñados para grabación en estéreo, limitadores y sistemas automáticos son diseñados de forma no muy correcta, y operan independientemente sobre cada canal, en lugar de controlar la ganancia de ambos. Esto tiene el efecto de que cuando un canal se limita, el sonido oído en los altavoces parece desplazarse de posición. Esto es porque la cantidad de sonido de un altavoz ha permanecido uniforme mientras que la del otro, que no ha estado limitado, ha continuado aumentando.

Medidores de los niveles de grabación

Excepto en los magnetófonos portátiles más económicos que utilizan controles de nivel de grabación automático, todos los demás vienen equipados con aparatos de medida de los niveles de grabación. Sería agradable el poder escribir que estos aparatos de medida indican una medida estándar de la amplitud de señal, lo que permitiría al usuario fijar de manera precisa el nivel de grabación; desgraciadamente esto no es verdad y los aparatos de medida con que van equipados diferentes magnetófonos suelen indicar valores dife-

rentes, dependiendo de cómo se han ajustado los circuitos y de qué forma se han dispuesto para su lectura.

A primera vista, la lectura del aparato de medida debería ser la de los picos de la señal, pero es notablemente difícil de realizar en la práctica, debido a los diferentes tipos de picos que se encuentran. Por ejemplo, un pico puede ser un redoble de tambor, un resoplido corto o un flautín o una nota alta sostenida por una soprano, y no hay prácticamente medios de colocar un aparato de medida que trate todas estas causas de la misma manera. Además, existe el problema de conocer qué señales deberían ser leídas por el aparato de medida; la señal antes de la preacentuación (la señal que se va a grabar y reproducir), la señal después de la preacentuación (que es la señal puesta sobre la cinta) o alguna señal elaborada especialmente. Por ejemplo, cuando un aparato de medida se excita por la señal antes de la preacentuación, indicará la misma lectura para una nota alta que para una nota baja, pero el efecto de la preacentuación puede hacer que la cinta se sature en las notas altas. A menos que se haga un aparato de medida que pueda leer el flujo sobre la cinta (lo cual es posible pero costoso), no existe respuesta fácil. Otra pregunta es: ¿deberían los aparatos de medida leer picos muy cortos o únicamente picos de mayor duración? Como las respuestas a estas preguntas son diferentes, cuando se trata con fabricantes diferentes y las presiones para mantener bajos los costes de fabricación son muy importantes, no existen dos aparatos de medida sobre magnetófonos diferentes que estén calibrados de la misma forma. Existe un sistema estándar, el sistema VU (unidad de volumen) establecido hace muchos años y utilizado de forma amplia en los equipos profesionales. Desgraciadamente, muchos magnetófonos utilizan aparatos de medida etiquetados con VU que no están conformes a estos estándar, haciendo pues este asunto de normalización incluso más difícil.

Hasta que llegue el momento en que todos los fabricantes se pongan de acuerdo sobre una norma para los aparatos de medida y sobre un sistema para clasificar los tipos de

cintas, como ya indicamos en el capítulo 5, tendremos que confiar fundamentalmente en nuestras propias medidas, como indicaremos en el capítulo 8. Algunos magnetófonos suplementan sus aparatos de medida de nivel de grabación con indicadores de sobrecarga; éstos son muy útiles, ya que se pueden colocar de manera que indican sobrecargas muy breves que no se registran por los aparatos de medida.

7

REDUCCION DEL RUIDO

Entendemos por ruido cualquier sonido que no queremos oír. El ruido está siempre presente; en nuestra vida diaria oímos el ruido provocado por el arrastre de una silla o de una persona al caminar, o al toser, un portazo y otros sonidos no deseados. Cuando convertimos señales sonoras en señales eléctricas, también encontramos presentes señales indeseables a las que también llamamos ruido.

El ruido eléctrico más familiar es el silbido de fondo que oímos cuando sintonizamos un receptor de radio entre emisoras y elevamos el volumen. Este tipo de señal es una mezcla de ruido eléctrico de fuentes diferentes, algunas de ellas naturales —señales de destellos luminosos, ondas de radio del espacio exterior— y algunas producidas por el hombre, siendo las señales no apantalladas de equipo eléctrico la causa principal. Sin embargo, cuando sintonizamos una emisora, la relación de la señal al ruido es tan grande que tenemos que bajar el volumen para que el ruido desaparezca. Cuando esto sucede la razón S/N del receptor es satisfactoria.

El ruido de cinta es un tipo diferente de problema. Como ya hemos visto en capítulos anteriores, cualquier cinta que ha pasado a través de un magnetófono tendrá una señal de ruido grabada sobre ella y esta señal será escuchada como un silbido de fondo de los altavoces al reproducirla. Lo que

importa, por supuesto, no es la cantidad de ruido, sino la razón S/N que podemos obtener y es esto lo que origina los problemas. La amplitud de la señal que podemos grabar está limitada por el nivel de saturación del material de la cinta, de manera que la razón S/N que podemos obtener con el mejor equipo está limitada por la propia cinta. Esto se debe a que ambos, nivel de saturación y nivel del ruido de la cinta, dependen del tipo de material magnético y del proceso de fabricación que se utilice; nada de lo que hagamos después puede mejorar la razón S/N.

Los problemas se complican mucho más al utilizar pistas estrechas para la grabación. Si se duplica la cantidad de material magnético que pasa a través de las cabezas doblando el ancho de pista (por ejemplo, de anchos de pistas de un cuarto de cinta a la mitad), podemos duplicar la cantidad de señal grabada. Sin embargo, el ruido no se duplica, sino que se hace únicamente 1,4 veces mayor. La razón es algo complicada y está en relación con el hecho de que el ruido no es una señal definida, sino simplemente un desordenamiento del magnetismo de las partículas de la cinta. Por tanto, cintas con pistas más anchas tienen mejor relación S/N que las de pistas estrechas y éste es el motivo de por qué los magnetófonos de bobina abierta y los cassettes de formato de pista ancha tienen mejores relaciones S/N que los cassettes de tipo compacto. El uso de estéreo y no de mono, hace que el problema del ruido se complique a causa de que dos pistas estrechas con ruido duplican éste, ya que el ruido de una pista no será idéntico al de la otra, pero la señal puede ser compartida entre ambas. Los desarrollos conseguidos en el propio material de la cinta han mejorado notablemente las relaciones S/N que podemos obtener, gracias a un trabajo constante en los últimos quince años; sin embargo, únicamente aquellos cassettes compactos que están muy bien diseñados pueden conseguir relaciones S/N próximas a la de los magnetófonos de bobina abierta que utilizan pistas más anchas. A su vez, sólo aquellos magnetófonos de bobina abierta que están igualmente bien

diseñados y ajustados pueden igualar la relación S/N que es posible conseguir con los equipos de grabación de discos de la mejor calidad que utilizan discos de buena fabricación. Por supuesto, en la práctica nunca se obtiene la perfección, y la calidad de muchos discos es tal que incluso los cassettes pueden competir con ellos totalmente en calidad de sonido, a condición de que el cassette haya sido grabado de una transmisión de radio y no de una cinta pregrabada. Es también importante recordar que todos los discos, excepto unos pocos tipos muy especializados arrancan de una grabación en cinta, aunque ésta sea una cinta de pista ancha corriendo a velocidades comparativamente altas.

Sin embargo, las mejoras que se necesitan en la relación S/N para que las grabaciones en pista estrecha igualen la calidad de las grabaciones en disco son demasiado grandes para que puedan obtenerse únicamente mediante la mejora del material de la cinta en sí mismo. De hecho nos estamos acercando al límite real de los materiales de cinta. El gran avance de los últimos años, ha estado en el uso de métodos electrónicos que producen una reducción del ruido en la señal reproducida.

Espectro del ruido

Para ver cómo el ruido se puede reducir en la señal reproducida por métodos puramente electrónicos, tenemos que conocer algo acerca del ruido en sí mismo. El ruido, al contrario que las señales que deseamos deliberadamente grabar, no tiene frecuencias definidas sino que es una señal con todas las frecuencias presentes. Medimos el ruido tomando un intervalo de frecuencias (por ejemplo, 100 a 1000 Hz) y midiendo la potencia del ruido en este intervalo, llamado *ancho de banda*; a menudo encontramos que el ruido de fuentes naturales tiene la misma potencia para el mismo ancho de banda, no importando las frecuencias incluidas en el mismo. Encontraríamos, por ejemplo, la

misma potencia de ruido en el intervalo 1000-1900 Hz que en el intervalo 100-1000 Hz, ya que el ancho de banda (frecuencia alta-frecuencia baja) es el mismo. El ruido de este tipo se denomina «ruido blanco». No todo el ruido es de este tipo. Por ejemplo, podemos encontrar que la potencia de ruido es la misma para cada octava de frecuencia. Con este nombre llamamos al intervalo que hay desde una frecuencia al doble de esa frecuencia; su nombre viene del término musical, ya que una octava musical corresponde a duplicar la frecuencia. El ruido de esta clase se denomina «ruido rosado», así, por ejemplo, se tendría la misma potencia en la banda 100-200 Hz que en la banda 200-400 Hz; así pues, el ruido se concentra en las frecuencias más bajas.

Utilizando aparatos de medida especiales podemos medir la potencia de ruido en diferentes anchos de banda y dibujar una gráfica de esta potencia a frecuencias diferentes. Una gráfica como ésta se llama *espectro de ruido;* para ruido blanco la gráfica del espectro de ruido es una línea recta con pendiente nula; el ruido rosado tendría una pendiente positiva (creciente en la zona de bajas frecuencias.

El espectro del ruido correspondiente a la cinta se da en la figura 7.1. En ella podemos ver que el ruido de la cinta es mayor a frecuencias altas y origina muy pocos problemas a frecuencias bajas. Por esta razón el silbido de fondo de la cinta es tan notable y podemos describirlo de la manera siguiente: la cantidad de ruido es mayor a aquellas frecuencias para las cuales el oído humano es particularmente sensible. El ruido no se hace excesivamente grande a frecuencias muy altas, ya que no podemos reproducir este intervalo de frecuencias (a causa de la abertura de la cabeza).

Afortunadamente, un aspecto de la acción del oído es útil. Si tenemos presente al mismo tiempo un ruido y una señal fuerte, el oído se concentra sobre la señal e ignora el ruido. Si no podemos reducir todo el ruido, entonces podemos obtener una gran mejora en el sonido de una señal (mejor de lo que la relación S/N indicaría), reduciendo el ruido de la cinta durante los pasajes silenciosos de música;

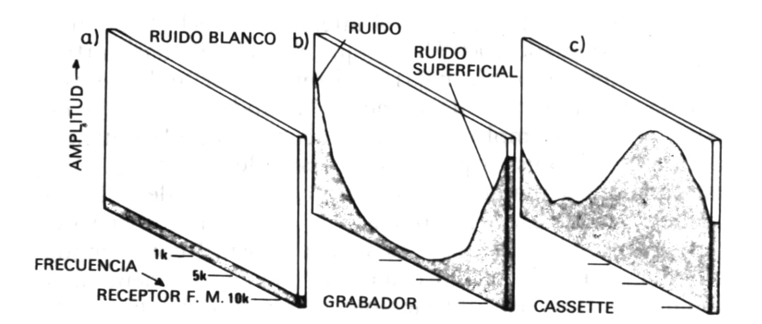


FIG. 7.1. Espectros de ruido de fuentes diferentes. El ruido de cinta es más notorio a frecuencias altas a las que es más sensible el oído (alrededor de 3 kHz).

esto es la base de la mayoría de los sistemas electrónicos de reducción de ruido.

Sistemas primitivos de reducción de ruido

Se conocen desde hace mucho tiempo dos métodos básicos de reducción de ruido mediante circuitería electrónica; se les denomina a veces *sistemas de terminación única* y *sistemas de terminación doble*.

Los sistemas de terminación única para reducción de ruido operan únicamente en reproducción. Se basan en que debe encontrarse la forma de identificar la señal de ruido y cancelarla, utilizando las diferencias entre la señal de ruido y las señales musicales. Aunque esto puede realizarse, se requieren circuitos muy elaborados (correladores); tales circuitos se utilizan únicamente en trabajos profesionales en comunicaciones espaciales. Los intentos para conseguir circuitos más simples para reducción de ruido de terminación única, no han sido muy satisfactorios, si bien el método DNL de Philips se ha utilizado con una extensión limitada

y ha sido incorporado por otro fabricante. En general, los sistemas de terminación única no producen demasiada reducción de ruido o extraen parte de la señal deseada y originan muy probablemente distorsión. El único sistema de terminación única relativamente simple que ha tenido un éxito razonable, es el expansor (véase posteriormente), pero en realidad éste se utiliza como parte de un sistema de terminación doble.

Los sistemas para reducción de ruido de terminación doble, como su nombre sugiere, operan en grabación y en reproducción. El objetivo consiste en elevar la amplitud de algunas señales antes de su grabación para reducirlas posteriormente cuando se reproducen; de esta forma cuando se reduce la amplitud en reproducción, se reduce también la amplitud del ruido. A partir del estudio del espectro en frecuencia del ruido, puede verse que las señales que deben tratarse más cuidadosamente son las señales débiles de alta frecuencia, ya que son las más afectadas por el ruido y el sistema de reducción de ruido más ampliamente utilizado opera seleccionando estas señales.

El método más obvio de reducción de ruido sobre el papel, consistiría en elevar la amplitud de todas las señales de frecuencia más elevada, a medida que se graban y atenuarlas (reducir la amplitud) a medida que se reproducen de nuevo las mismas señales. Esto puede hacerse fácilmente, si bien los resultados son defectuosos. La razón se debe a que hay que elevar las amplitudes de las señales de alta frecuencia en cualquier caso hasta el punto en que puedan grabarse en su totalidad y una mayor elevación es ineficaz, dado que la cinta se saturará entonces con cada señal de pico, lo que fuerza a realizar la grabación a un nivel medio inferior consiguiéndose una relación S/N peor. Por tanto, un método simple de elevación de agudos al grabar y atenuar en la reproducción, no es un método útil de reducción de ruido para sistemas de cinta de pista estrecha, si bien puede ser útil una pequeña elevación y atenuación en sistemas de pista ancha y de velocidades más elevadas.

A propósito, algunos grabadores de cassette poseen un conmutador que se denomina «reducción de ruido» que lo único que hace es recortar las frecuencias más elevadas en reproducción. En realidad esto elimina el valor total del ruido, pero dado que elimina también la señal en la misma cantidad, no tiene ningún efecto sobre la relación S/N. El sonido obtenido cuando se utiliza este método es tan amortiguado y antinatural, que se prefiere preferentemente la señal con el ruido. Los grabadores con estos intentos de reducción de ruido deben evitarse; no obstante, los restantes circuitos pueden muy bien ser los típicos.

Compansores*

La grabación profesional magnética en disco ha utilizado circuitos desde hace mucho tiempo que superan el problema del ruido. Se han mencionado anteriormente que el rango dinámico de la música orquestal es muy amplio, tan amplio que es imposible de grabar. La solución a este problema en el pasado ha consistido en comprimir el intervalo dinámico de la señal antes de que fuese grabado. La compresión significa la reducción del intervalo dinámico de la señal, amplificando las señales de gran amplitud menos que las de baja amplitud (Fig. 7.2). La compresión se utiliza en las grabaciones del cine sonoro, transmisores de radio y en grabaciones de cinta y de disco, y en todos los casos reduce el amplio rango dinámico de la música orquestal. Las mejoras actuales en las técnicas de grabación hacen posible sacar el mejor provecho del material disponible, aunque todavía nos sorprende el intervalo dinámico de la orquesta total.

En la actualidad, sucede que la compresión es también un método de resolución del problema del ruido. Si se

---

* *N. del T.:* No existe dicha palabra en castellano; representa la unión abreviada de las palabras compresor y expansor.

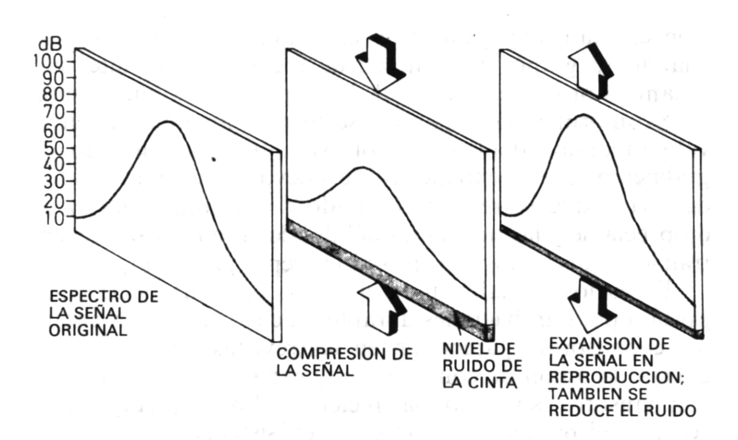


FIG. 7.2. Compansor. Se comprime la señal antes de la grabación de forma que la diferencia en amplitud entre las notas más débiles y las más fuertes se reduce. Al reproducir se introduce ruido a un nivel que debe ser menor que el de las notas más suaves. Cuando se expande la señal de nuevo, se reduce la amplitud del ruido, por lo que no puede oirse.

comprime el intervalo de una señal y posteriormente se graba de forma que las notas más estruendosas alcancen el nivel máximo deseado de grabación, entonces deben grabarse las notas más débiles a un nivel considerablemente superior que el nivel de ruido de la cinta. De esta forma, el intervalo dinámico de la música es mucho menor, por lo que puede grabarse música moderna muy por encima del nivel de ruido de la cinta. En el caso de la música orquestal, no se hace la compresión con objeto de reducir el ruido, por lo que las grabaciones con compresión poseen todavía las notas más suaves a un nivel próximo al nivel de silbido de la cinta. La solución a este problema consiste en invertir el proceso cuando se reproduce, expandiendo el intervalo dinámico. En un amplificador expansor se amplifican las grandes señales más que las pequeñas y si se hace el valor de la expan-

sión exactamente igual al de la compresión que se utilizó cuando se grabó la señal, puede recuperarse el intervalo dinámico original de la señal. Y lo que es más importante, si se comprime más de lo necesario para mantener el intervalo dinámico dentro del correspondiente al método de grabación, puede expandirse de nuevo en la reproducción de forma que se reduce el silbido de la cinta a un valor despreciable y las notas más débiles de la música se encuentran a un nivel ahogado en ruido excepto para la expansión.

Es curioso señalar que aunque se ha utilizado la compresión para grabaciones durante muchos años y los circuitos expansores aparecieron en las revistas anteriores a la guerra, la unión de compresores y expansores denominada compansores es mucho más reciente. El problema que apareció en el pasado, fue conseguir un sistema para compresión y expansión de forma que una grabación hecha con compresión en una máquina pudiese reproducir con expansión en otra sin ninguna pérdida de calidad.

El sistema dBx

Un sistema bastante reciente de compansor es el denominado dBx con el que se han obtenido excelentes resultados (aunque no totales). Este sistema utiliza un método de compresión y expansión compatible, de forma que las grabaciones hechas en una máquina pueden reproducirse con éxito en otra. El compresor dBx utiliza un circuito que muestrea la señal, y produce una tensión de control que es proporcional al número medio de decibelios que la señal posee por encima del nivel de ruido de la cinta. La idea de tomar el número medio de decibelios no se ha utilizado previamente (técnicamente se obtiene el valor eficaz de la señal y la señal de control es proporcional al logaritmo del mismo), y presenta varias ventajas. La señal de control es grande durante los pasajes de sonidos altos, más pequeña para pasajes largos de tiempo con sonidos bajos y muy

pequeña para sonidos bajos en espacios cortos de tiempo. La tensión de control se utiliza para controlar la ganancia de un amplificador y la forma en que esto se hace decide si se ha de llevar a cabo compresión o expansión. Si se dispone el control de forma que una tensión grande reduzca la ganancia del amplificador y una tensión de control pequeña permite utilizar la máxima ganancia, entonces se realiza la compresión. El valor de la compresión es proporcional al valor medio de la señal comparada con la señal de ruido expresada en decibelios.

En reproducción se utilizan circuitos idénticos para obtener la tensión de control. Sin embargo, esta vez el control opera al revés, de forma que una tensión de control grande produce una gran ganancia. Si el valor de la expansión es el mismo que el de la compresión, el intervalo original de la señal grabada queda recuperado. Si los valores de la compresión y expansión son bastante grandes, se pierde el ruido de la cinta en el proceso de expansión. Una sofisticación mayor consiste en hacer variables los valores de la compresión y de la expansión, de forma que pueda usarse más expansión que compresión. Esto sirve para ayudar a compensar cualquier compresión que se hubiese utilizado en el sonido original cuando fue emitido o grabado sobre disco o en cinta maestra. Mediante este método puede reducirse el nivel de ruido a un valor próximo al que fue originalmente grabado.

En la actualidad, los circuitos dBx son muy caros y difíciles de encontrar y no han aparecido hasta ahora formando parte de un magnetófono completo. Sin embargo, las ventajas de este sistema son sobresalientes, por lo que parece probable que se extenderá su uso en el futuro, una vez que los precios desciendan. En particular, el hecho de que este sistema restaure el intervalo dinámico, así como que reduzca el ruido, debe hacerlo preferible en el caso de música clásica.

Cuando se realizan grabaciones y reproducciones en la misma máquina, los circuitos compansores simples pueden

dar excelentes resultados. Para aquellos lectores que posean cierta experiencia en electrónica práctica, un circuito compansor simple se ha descrito en *Hi-FI News* (ejemplares octubre y noviembre 1976).

El sistema Dolby

En la actualidad todos los magnetófonos de alta calidad tanto si son de bobina abierta como de cassette, llevan incorporados un sistema de reducción de ruido Dolby. Estos sistemas, que fueron inventados por Ray Dolby, han sido utilizados durante muchos años para grabación profesional; este sistema se denomina en la actualidad Dolby A. El sistema de reducción de ruido desarrollado para uso doméstico es una versión simplificada que se denomina Dolby B; utiliza mucha menos circuitería, si bien los principios básicos son los mismos que los del sistema Dolby A.

La importancia del sistema Dolby B es que opera con reglas exactas, de forma que las grabaciones son totalmente compatibles; y así, las grabaciones realizadas en una máquina pueden reproducirse satisfactoriamente sobre otra. Además, los cassettes pregrabados que están fabricados con el sistema de reducción de ruido Dolby B, pueden reproducirse sobre cualquier máquina, aunque únicamente sobre una máquina equipada con el sistema Dolby dé los beneficios correspondientes de la reducción de ruido. El sistema Dolby se ha utilizado también para reducir el ruido en el sonido cinematográfico y en las emisoras de frecuencia modulada (aunque no en Gran Bretaña) con excelentes resultados.

Como la mayor parte de los sistemas de reducción de ruido prácticos, el sistema Dolby B es un sistema de terminación doble. Lo que le diferencia del sistema dBx y de los restantes sistemas compansores, es que opera más selectivamente, expandiendo partes de la señal antes de su grabación y comprimiéndolas después en la reproducción;

operando únicamente sobre aquellas señales que están probablemente más afectadas por el ruido y seleccionando estas señales de cualquier mezcla que esté presente en la música.

Antes de la grabación, la señal se desdobla en dos (Fig. 7.3). Una parte de esta señal va a un filtro variable, que es un circuito por el que pasan las frecuencias de audio más elevadas dentro del intervalo 2-10 kHz. Este filtro se controla mediante una tensión obtenida del valor de la señal muestreada, una vez que el filtro ha realizado su trabajo, con lo que únicamente se están midiendo las frecuencias más elevadas. La acción de control es tal, que una pequeña tensión de control hace que por el filtro pasen señales desde los 2 kHz en adelante. Todas estas señales son débiles; en caso contrario, la tensión de control sería mayor. Dado que estas señales están probablemente afectadas por ruido, es necesaria su reparación. Si existen señales intensas en el intervalo, por ejemplo, de los 2 kHz a los 4 kHz, entonces la tensión de control que se genera es mayor. La acción de esta tensión de control mayor hace que el filtro opere a una frecuencia más elevada, superando las frecuencias el valor de 4 kHz más fácilmente, por lo que de nuevo las frecuencias que pasan el filtro son las señales de alta frecuencia más débiles que necesitan tratarse. Mediante este ingenioso sistema, el filtro selecciona aquellas señales que son las más débiles de alta frecuencia que componen la mezcla de señales que constituyen la música.

Las señales filtradas son posteriormente amplificadas y limitadas a una amplitud constante, por lo que únicamente las señales más pequeñas se encuentran por debajo del nivel limitado (Fig. 7.3, *d*). Deben tomarse ciertas precauciones, a fin de evitar la distorsión de estas señales por la acción del limitador y un circuito Dolby bien diseñado debe ser muy bueno en este aspecto. Se suman ahora las señales limitadas que han pasado por el filtro con la otra señal que fue separada al comienzo del proceso y que no ha sido filtrada ni tratada de ninguna forma. Esta suma produce un efecto de elevación de amplitudes de todas las

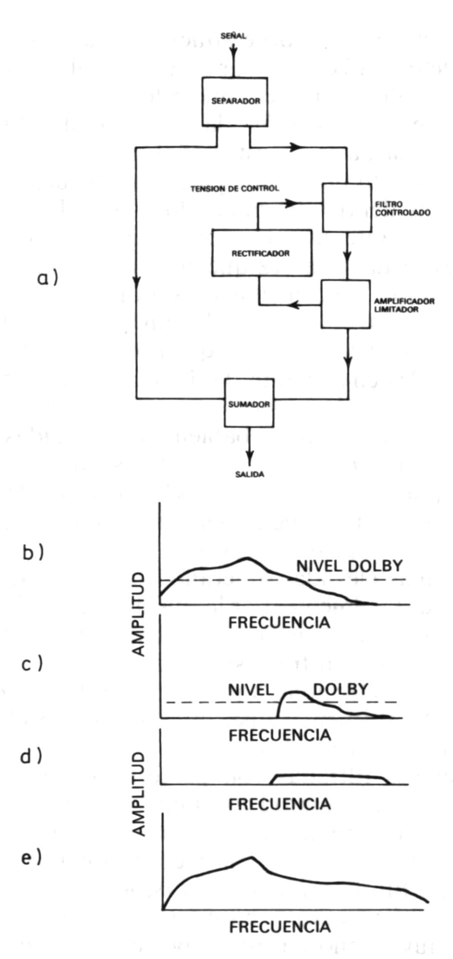


FIG. 7.3. Bosquejo del proceso Dolby B grabando; *a*), diagrama de bloques del circuito; *b*), espectro de una señal; *c*), espectro de la señal que pasa el filtro; *d*), la señal filtrada, amplificada y limitada; *e*), la señal filtrada limitada se suma a la señal original, elevando únicamente la amplitud de las notas suaves de alta frecuencia.

señales que han pasado por el filtro. No obstante, las señales de baja frecuencia no son elevadas, ni aquellas de muy alta frecuencia cuya amplitud es superior a la que el filtro puede aceptar.

Este método de preacentuación selectiva evita el problema de la saturación de la cinta que afecta a los sistemas simples de preacentuación y desacentuación. Debido a la acción limitadora, puede controlarse el valor de la elevación, por lo que se elevan más las señales débiles que las fuertes. Si la amplitud de las señales es superior a un valor denominado nivel Dolby (medido en función del flujo de la cinta), entonces no se realiza ninguna elevación, por lo que no existe ningún peligro de saturación de la cinta para las señales de gran amplitud y de alta frecuencia. No obstante, debe observarse que, a diferencia de los sistemas compansores, el sistema Dolby expande algunas de las señales antes de su grabación.

La señal se graba ahora en la forma usual sobre la cinta. Cuando se reproduce esta cinta, el ruido de la misma se sumará a la señal, y los circuitos Dolby utilizados en la unidad de reproducción reducirán este ruido a la vez que reducen las señales elevadas a su nivel normal. Esto se realiza utilizando los mismos circuitos, salvo una sola excepción: las señales se restan en lugar de sumarse. Como antes, la señal se separa yendo una parte al filtro variable. Aquí de nuevo el filtro selecciona las señales de baja amplitud y alta frecuencia y a su vez éstas son amplificadas y limitadas a una amplitud constante. Las señales filtradas y limitadas se restan ahora de la señal principal, invirtiéndose el proceso que tuvo lugar antes de la grabación y reduciendo las amplitudes de las señales de estas frecuencias a los niveles que tenían antes de pasar por los circuitos Dolby en el proceso de grabación (Fig. 7.4). Dado que el ruido de la cinta es fundamentalmente una señal de baja amplitud y alta frecuencia, se pasa a través del filtro y se resta posteriormente del mismo ruido que aparece en la señal principal. Esta resta elimina mucho ruido, mientras que la señal deseada

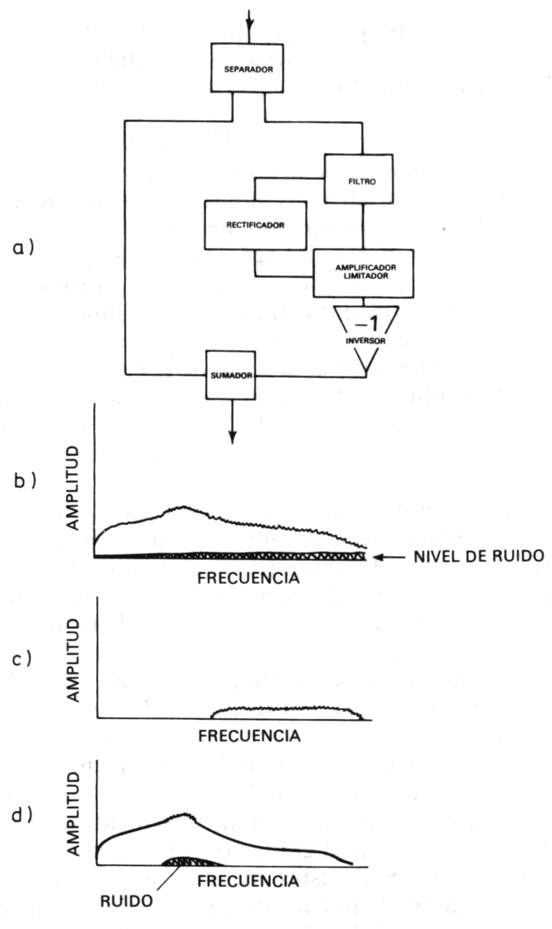


FIG. 7.4. Bosquejo de la reproducción en Dolby B. La señal presenta ahora ruido adicional, principalmente en las frecuencias más elevadas. Se utiliza el mismo circuito que en la figura 7.3, *a*), excepto que se invierte la señal utilizada antes de sumarla. La combinación de inversión y suma equivale a sustracción, de forma que la señal amplificada y limitada filtrada se resta de la señal completa. Dado que se resta la señal de ruido, se reduce enormemente el nivel del mismo, aunque la resta de las frecuencias agudas únicamente invierte el proceso que se lleva a cabo cuando se está grabando.

permanece casi inalterada, con lo que el intervalo dinámico es el mismo que el de la señal grabada. Una ventaja importante de este tipo de procesamiento de la señal reside en que se tratan únicamente las señales de pequeña amplitud y alta frecuencia, por lo que cualquier distorsión de dichas señales será menos perceptible. Las señales de baja frecuencia y las señales con gran amplitud se desvían en su mayor parte de la circuitería Dolby, pasando únicamente a través de las etapas sumadora/sustractora.

Uso del sistema Dolby

Los circuitos del sistema Dolby no son fabricados por la Dolby Corporation; el uso de los circuitos está autorizado a otros fabricantes. Debido a que los principios del procesamiento Dolby están bien asegurados por patentes, ha habido muy pocos intentos de copiar el sistema, si bien el uso de grabadores de cassette Dolby no ha sido totalmente satisfactorio. Esto se ha debido no a fallos en el sistema, ya que existen varios ejemplos excelentes, sino a los intentos de los fabricantes de magnetófonos por reducir costos. Tras un conjunto de pruebas, se ha encontrado que algunos magnetófonos que utilizan el sistema Dolby presentan una mejora muy pequeña de las relaciones S/N, otros en los que los circuitos Dolby han aumentado la distorsión y un ejemplo de un magnetófono con ningún circuito de reducción de ruido que presentaba una relación S/N mejor que algunos magnetófonos dotados con circuitos Dolby. El mal comportamiento de algunos de estos magnetófonos, se ha debido en todos los casos a su pobre diseño, y así, muchos de los magnetófonos han sido dotados de circuitos Dolby como una idea tardía. Un fallo muy común es situar los circuitos Dolby en una etapa muy posterior de los circuitos de grabación, una vez que se ha llevado a cabo la mayor parte de la amplificación de tensión. Los circuitos Dolby necesitan una señal de entrada pequeña y es muy común y mala la

práctica de amplificar la señal a un nivel de casi 1 V, posteriormente atenuarla para después aplicarla de nuevo a los circuitos Dolby. Dado que el mismo proceso se lleva a cabo en la reproducción, y que cada amplificación añade más ruido a la señal, esto hace que se sume mucho más ruido a la señal que el que podrían reducir los circuitos Dolby.

Los magnetófonos de alta calidad, ya sean de bobina abierta o de cassette, pueden beneficiarse enormemente de un sistema Dolby adecuadamente diseñado, y se espera únicamente que las futuras generaciones de aparatos sean más baratas sacando provecho de la experiencia.

8

USO DEL MAGNETOFONO

El magnetófono, ya sea de bobina abierta o de cassette, es un elemento de equipo de alta fidelidad y se necesita cierta destreza y experiencia para sacarle el máximo provecho. Por tanto, este capítulo se dedica enteramente a las técnicas de operación del magnetófono. Se supone que el lector está familiarizado con los controles del grabador que utiliza y que ha leído el manual del usuario, por lo que conoce el uso del contador, de las teclas de reproducción y grabación, los bobinados rápidos, así como los restantes controles.

Derechos de autor

Antes de que tratemos la grabación, debe mencionarse el asunto de los derechos de autor. Cualquier interpretación en un lugar público necesita un permiso, y prácticamente todo el material, ya sean palabras o música, que no sea tarea del usuario del magnetófono está sujeto a derechos de autor. La grabación de cualquier material sin el permiso escrito del titular de los derechos de autor es ilegal en muchos países (particularmente en el Reino Unido); la reproducción de dicho material en público es también otro delito. Las dispo-

siciones sobre derechos de autor varían de un país a otro; no obstante, se exponen aquí muy brevemente las disposiciones que afectan al Reino Unido.

No existe ningún problema en la grabación de una actuación privada ni en su reproducción privadamente. Para grabar una actuación de teatro o de concierto, utilizando el micrófono, se necesita permiso escrito. La grabación de radio se permite únicamente a aquellos poseedores de un permiso que puede obtenerse de la Sociedad de Grabación de Aficionados (Amateur Recording Society). La grabación de discos es ilegal, salvo que se obtenga permiso escrito de la compañía de discos correspondiente. En algunos países la grabación de cualquier fuente es legal (excepto de un concierto en directo) y existe un impuesto que grava las ventas de cintas vírgenes, cassettes y magnetófonos que se utilizan para compensar a los titulares de derechos de autor.

Elección del micrófono

Como ya se explicó en el capítulo 2, existen diferentes tipos de micrófonos que utilizan diversos principios de operación, y que poseen diagramas polares que varían desde los omnidireccionales a los casi unidireccionales. El usuario profesional de magnetófonos utiliza diversos micrófonos indudablemente, así como un mezclador adecuado (véase Cap. 9). Sin embargo, para el aficionado la elección es más difícil. Para un especialista sólo existe una elección posible, pero para la mayor parte de los propósitos de los aficionados la elección de micrófono está dictada por el coste, y el problema reside en comprar el micrófono más adecuado dentro de las posibilidades de su presupuesto. Por tanto, para la mayor parte de los aficionados el micrófono de cinta queda excluido por razones de precio y fragilidad.

La elección del tipo de transductor es normalmente más sencilla que la elección final del modelo definitivo, dado

que debe escogerse el micrófono de forma que quede adaptado con el tipo de magnetófono que se utilice. Algunos magnetófonos antiguos del tipo bobina a bobina (y de bajo coste) utilizan micrófonos de cristal y la elección lógica podría ser escoger uno de estos últimos si se desea un nuevo micrófono. Sin embargo, los micrófonos de cristal presentan sus problemas, normalmente derivados del valor tan elevado de su impedancia. Cualquier micrófono debe conectarse al magnetófono con un cable apantallado, y la combinación del micrófono de cristal y del cable actúa como un filtro eléctrico sobre el que pasa únicamente el rango inferior de audio. En términos eléctricos, el cable tiene una capacidad en paralelo y el micrófono presenta una impedancia alta en serie, lo que constituye un filtro de paso-bajo.

Para unos pocos metros de cable como los que se suministran con un micrófono de cristal vendido junto con un magnetófono, el efecto de este filtro de paso-bajo sobre la señal de audio no sería demasiado perceptible, pero una utilización más ambiciosa de un micrófono de cristal utilizando cables largos resultaría decepcionante, ya que los sonidos reproducidos aparecerían amortiguados y con falta de agudos. Otro problema que se presenta comúnmente con todos los micrófonos de alta impedancia es el hecho de que todas las uniones: de micrófono a cable, de cable a grabador y en general de cualquier conexión de cable a cable, deben ser eléctricamente perfectas si se desea evitar la captación de zumbido. Consecuentemente el uso de un micrófono de cristal no es recomendable para la mayor parte de los propósitos, salvo para las grabaciones más sencillas.

Los micrófonos de condensador, particularmente los tipos modernos de material Electret, permiten obtener mejor calidad que la que se obtiene utilizando micrófonos de cristal, si bien presentan el mismo problema de su muy alta impedancia. Algunos tipos modernos de Electret superan este problema utilizando una unidad de adaptación, que es un circuito electrónico (que utiliza un MOSFET), que adapta la impedancia elevada del micrófono a la impedancia

intermedia de la entrada del magnetófono del orden de 10-50 kΩ. Estas unidades de adaptación elevan el coste de un micrófono de este tipo frente al de uno no mejorado, pero permiten que el uso de cables largos sea mucho más fácil. Debido a que la unidad de adaptación utiliza un tipo de transistor que necesita una fuente de alimentación, el micrófono debe incorporar una batería o al menos la posibilidad de conexión con el magnetófono a fin de conseguir una fuente de baja tensión. El tipo más antiguo de micrófono de condensador, tal y como el que apareció en los primitivos modelos de los grabadores Grundig, necesita una fuente de alimentación de alrededor de 300 V desde el magnetófono y esto no se utiliza en la actualidad. Dado que el tipo Electret adaptado depende de su conexión con el magnetófono a través de la batería de la unidad de adaptación, conviene tener a mano siempre que se pueda, una batería de repuesto cuando se está realizando una grabación. La vida de una batería no es muy larga, lo que hace de la máxima importancia disponer de una de repuesto.

Los micrófonos de bobina móvil son los más comunes y los más ampliamente utilizados para grabación en cinta. Esto se debe a que su impedancia es la adecuada para todas las entradas normales de magnetófonos, ya se utilice o no transformador de adaptación, y el único problema que puede aparecer es el de la sensibilidad. Cuando se eligen valores bastante bajos de impedancia (1 kΩ o menos), pueden utilizarse cables largos sin que se presenten efectos nocivos sobre la respuesta de agudos; algunos presentan la novedad de poder elegir los valores de la impedancia en el mismo micrófono. Los micrófonos de bobina móvil pueden presentar una respuesta omnidireccional, de tipo cardioide, o unidireccional.

Utilización del micrófono

El principiante total en magnetófonos no debe intentar ser demasiado ambicioso al principio y debe utilizar única-

mente el micrófono o micrófonos suministrados con el grabador o adquiridos como accesorio del mismo. Recuérdese que como se ha dicho anteriormente, los micrófonos de mejor calidad presentan a menudo niveles de salida muy bajos, por lo que únicamente los magnetófonos más sensibles pueden sacar provecho total de las señales. Cualquier intento de utilizar un micrófono de muy alta calidad junto con un magnetófono relativamente barato, conduce únicamente al fracaso —se obtienen mejores resultados utilizando un micrófono de inferior calidad cuya salida actúe sobre los circuitos de grabación de forma correcta.

La utilización del micrófono o micrófonos incorporados al magnetófono, adaptables al mismo, supera un gran número de problemas que, por otra parte, se le pueden presentar al principiante, tales como los ya mencionados de la adecuación de la salida, así como problemas de fase y terminaciones. El problema de la fase no es un problema que concierne a la grabación con micrófono único, que por otra parte está disminuyendo últimamente día a día, sino que aparece cuando se utiliza más de un micrófono para grabación en estéreo o para grabaciones mono usando varias entradas microfónicas mezcladas. El problema reside en el efecto de la onda sonora sobre el micrófono. Supóngase que una onda sonora incide sobre dos micrófonos y que su efecto consiste en empujar hacia dentro ambos diafragmas. Si los micrófonos están correctamente en fase, las salidas eléctricas serán idénticas, lo que origina una señal de tensión en la misma dirección (Fig. 8.1, *a*). Una fase incorrecta origina tensiones opuestas entre sí (Fig. 8.1, *b*), y los micrófonos conectados de esta forma pueden originar efectos de grabación muy extraños, tales como espacios en blanco. En nuestro ejemplo, si se suponen señales iguales, una fase incorrecta conduciría a que las señales de los dos micrófonos se anularan entre sí, por lo que una fuente sonora situada exactamente en el punto medio entre los micrófonos, ¡no se escucharía en la grabación! Normalmente este efecto no es tan extremo, aunque siempre es

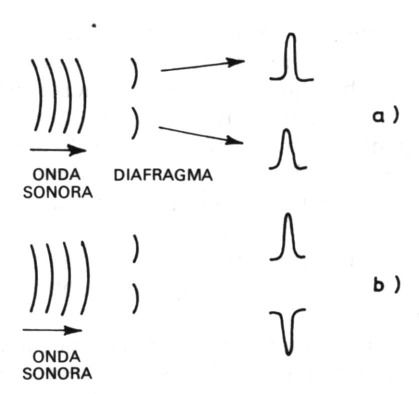


FIG. 8.1. Fase del micrófono. Cuando se utilizan dos micrófonos la fase del micrófono debe ser la correcta: *a*), fase correcta: un impulso de sonido en cada micrófono origina impulsos eléctricos en la misma dirección; *b*), fase incorrecta: los impulsos eléctricos están en direcciones opuestas.

indeseable la utilización de micrófonos que no se encuentren en fase.

La conexión de micrófonos fuera de fase es mucho más improbable cuando se suministran dichos micrófonos con clavijas terminales, ya sean micrófonos incorporados en magnetófono para uso con cable en el grabador, ya que la situación de fuera de fase esté originada por la conexión en forma invertida en algún punto interno. Sin embargo, si se han conectado nuevas clavijas o si se utiliza un mezclador hecho en casa, existe posibilidad de invertir la fase de un micrófono.

Normalmente son de gran importancia las clavijas, los cables y los conectores en la utilización de micrófonos. Como se ha mencionado anteriormente, los micrófonos presentan una señal de salida muy pequeña, incluso cuando se utilizan transformadores de adaptación y esta pequeña señal es amplificada grandemente en los circuitos de gra-

bación del magnetófono. Cualquier conexión mal hecha origina ruidos de chasquido que se graban; la rotura del apantallamiento del cable (cubierta metálica flexible) permite la captación del zumbido de la red, y la gran cantidad de amplificación que se utiliza en las etapas de grabación origina que el ruido sea enormemente amplificado conjuntamente con la señal.

Los micrófonos son instrumentos delicados. Deben manejarse cuidadosamente y guardarse en una caja cuando no se utilicen, de forma que el instrumento no coja polvo. Algunos micrófonos tienen cables conectados, pero es mucho más frecuente que el micrófono esté conectado al cable mediante una clavija o enchufe, de forma que el micrófono y los cables pueden guardarse separadamente. Los cables deben guardarse tan cuidadosamente como el micrófono, evitando dobleces y retorcimientos, y cuando están en servicio no deben apretarse ni plegarse ni pisotearse. Cuando se utilizan dos micrófonos para grabación en estéreo, conviene poner etiquetas en micrófonos y cables con D (derecho) e I (izquierdo) de forma que los cables puedan conectarse al canal correcto.

Situación de los micrófonos

El tema de la situación de los micrófonos podría ocupar varios volúmenes con sugerencias prácticas sobre los problemas que se presentan; no obstante, sólo se incluyen aquí algunas sugerencias de tipo general. (Una vez que el lector haya adquirido cierta experiencia en la utilización de micrófonos puede conseguir mucha más información útil del texto titulado *Master Creative Tape Recording*, publicado por Newnes Technical Books.)

El primer paso a realizar consiste en conocer la sensibilidad del micrófono o micrófonos utilizados con el magnetófono. Colocar el micrófono(s) y hablar normalmente desde una distancia de unos 0,5 m. Conectar ahora el

magnetófono (véase posteriormente) de forma que el volumen de grabación sea el normal y comenzar la grabación. Hablando con el mismo volumen de voz, se graba mientras se aleja uno del micrófono, realizando pausas de medio minuto aproximadamente, utilizando un tiempo total de aproximadamente cinco minutos. Después se reproduce la grabación. Lo primero que se percibe es que la propia voz parece poseer un tono mucho más elevado del esperado. Esto se debe a que el sonido producido en la cavidad bucal se transmite directamente a través de los huesos de la cabeza pasando por el oído interno, y este camino sonoro favorece las notas más bajas, con lo que el sonido de la propia voz resulta más grave para uno mismo que para otra persona que lo escuche. El siguiente punto obvio, consiste en que al aumentar la distancia entre el locutor y el micrófono, aparece una mayor diferencia en el volumen del sonido grabado. A medida que uno se aleja del micrófono el volumen sonoro en el micrófono se hace menor y el efecto no es proporcional. Por ejemplo, si se cambia la distancia de 0,5 m a 1 m no se obtiene la mitad de la intensidad sonora, sino que se reduce a aproximadamente un cuarto de su valor previo.

Durante las pausas de la grabación, puede apreciarse la sensibilidad que posee el micrófono. Escúchense los ruidos de tráfico o de aviones, de relojes, de admiradores («fans»), de la calefacción y, en general, de cualquier ruido de fondo. Cuando se sitúa un micrófono direccional sensible para captar cualquier ruido de fondo, y el sonido que se desea grabar aparece a cierta distancia del micrófono, el ruido de fondo es muy inoportuno. Si se sitúa el micrófono cerca de la fuente sonora, no siempre se mejora la grabación, ya que se captan el roce de la ropa, la respiración e incluso el tic-tac del reloj, si el micrófono se sostiene con la mano.

De lo indicado, puede concluirse que la situación de los micrófonos es tanto un arte como una ciencia que necesita destreza y experiencia así como conocimiento de los correspondientes principios. En lo que se refiere a los aficionados, la tarea más difícil consiste en realizar grabacio-

nes mono hechas con uno o más micrófonos; aunque parezca extraño, la grabación en estéreo es normalmente mucho más fácil de realizar. Por ejemplo, si se utiliza un único micrófono para la grabación de una interviú, situando el micrófono sobre una mesa, esta posición central del mismo puede dar resultados muy insatisfactorios, debido a los efectos del sonido reflejado. Sin embargo, un par de micrófonos estéreos da unos resultados excelentes para esta aplicación. Las grabaciones obtenidas con un único micrófono mono se mejoran considerablemente si el micrófono no está situado en la parte central o si la mesa está fuertemente almohadillada, con el fin de reducir las reflexiones del sonido.

La situación correcta de los micrófonos requiere, pues, cierta experiencia. Si la fuente sonora no es movible (caso de una orquesta), normalmente puede encontrarse una solución satisfactoria, utilizando un solo micrófono o un par estéreo, pero preferiblemente suspendidos del techo, lo que asegura que la vibración no llega al micrófono a través del suelo. Idealmente, el micrófono debe de encontrarse a la misma distancia de todos los instrumentos o más cerca de la parte menos estruendosa de la orquesta. Cuando un solista actúa con una orquesta, la posición del micrófono debe escogerse de forma que el sonido del solista no ahogue el del resto de la orquesta. Esto sucede más probablemente cuando el instrumento solista es un piano, que cuando es una flauta lo que debe tenerse en cuenta.

En el caso de representaciones teatrales, musicales o en ópera, la situación del micrófono para una grabación mono es mucho más difícil, ya que el movimiento sobre la escena, origina grandes cambios en el nivel de señal. En pocas palabras, el nivel de señal cambia a un cuarto de su valor previo si, por ejemplo, el cantante se desplaza a una distancia doble de su situación previa; en el caso de distancias triples, la señal desciende a un noveno, por tanto, los cambios de señal no son proporcionales a las distancias (en realidad son inversamente proporcionales al cuadrado de la

distancia). Puede utilizarse un único micrófono o un par de ellos a una cierta distancia, pero tiene el inconveniente de que capta excesivo ruido: el ruido del público y el ruido de los amplificadores que tienen que trabajar con ganancia total. Las grabaciones en estéreo utilizando dos micrófonos separados son menos complicadas (Fig. 8.2), ya que una reducción en el volumen de uno de los micrófonos se ve compensada por un aumento en el volumen del otro, y el sentido de movimiento se encuentra presente entonces en la grabación. Las grabaciones mono de actuaciones teatrales son las más difíciles de realizar. Si se desea grabar una representación teatral la respuesta más satisfactoria consiste en utilizar una máquina equipada con control de nivel automático y el micrófono debe situarse centralmente delante del escenario, preferiblemente suspendido. En el caso de musicales o de ópera, los controles del nivel de grabación automática perjudican la dinámica de la representación y deben usarse al menos dos micrófonos conjuntamente con un mezclador de señal. Para obtener más detalles de la utilización de micrófonos, el lector interesado debe consultar *Sound with Vision*, E. G. M. Alkin, Butterwoths 1973, o *Acoustical Techniques and Transducers*, M. L. Gayford, Mcdonald & Evans, 1961.

Radio y discos

La grabación de la radio o de un disco no requiere grandes ajustes, pero debe considerarse el problema de los derechos de autor. Suponiendo que el lector haya obtenido la correspondiente licencia o permiso, el problema principal reside entonces en las conexiones que deben hacerse al magnetófono. Es normal conectar de un enchufe de «cinta de salida» de la radio o de un amplificador (a veces, de un tocadiscos), pero nunca debe conectarse directamente del giradiscos, que consiste en un plato y en un fonocaptor únicamente. La razón de ello reside en que se aplica algo

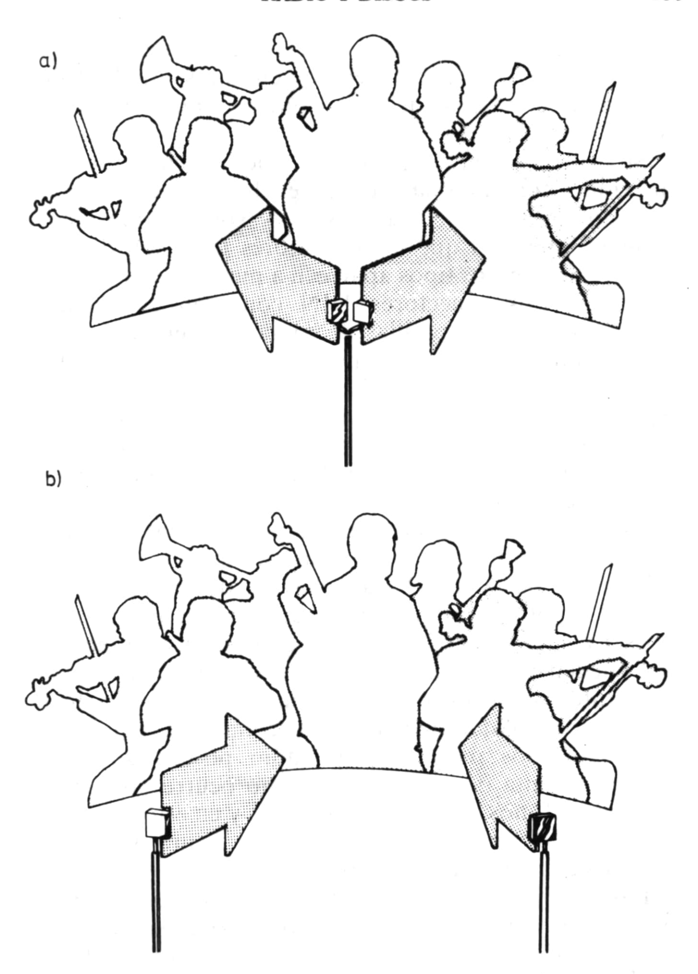


FIG. 8.2. Disposiciones con micrófonos estéreo. La disposición original de dos micrófonos direccionales, próximos uno del otro, pero apuntando en diferentes direcciones, como en *a*) se utiliza todavía. *b*) Versión simplificada de un método moderno, en el que se utilizan varios micrófonos omnidireccionales, y los sonidos se mezclan para producir señales en estéreo aceptables.

de preacentuación también en las grabaciones de discos y se requiere igualización en los circuitos amplificadores antes de que la señal del disco pueda utilizarse para grabación.

Se utilizan, generalmente, dos tipos de conectores para conexiones con cinta, la clavija y enchufe DIN y el enchufe y zócalo fono. Los conectores DIN son un tipo alemán, estándar, mientras que los conectores fono son de origen USA, si bien ambos tipos aparecen a menudo en los equipos japoneses. Los conectores DIN consisten en clavijas y enchufes con varias patillas de contacto, siendo el número más común tres o cinco, aunque existen también enchufes con cuatro, seis y siete patillas DIN. Las patillas son muy pequeñas y el cableado de una clavija o enchufe DIN no es una tarea para una persona inexperta. Cuando un amplificador estéreo o receptor está dotado de un enchufe DIN, la disposición normal consiste en llevar las patillas 1 y 4 (señales izquierda y derecha respectivamente) desde el amplificador al magnetófono y las patillas 3 y 5 para llevar la I (izquierda) y la D (derecha) desde el magnetófono hacia el amplificador para reproducción, respectivamente. De esta forma, las dos señales de grabación y de reproducción pueden tomarse de un único enchufe y zócalo; como el enchufe solamente puede insertarse de una sola forma, no existe posibilidad de realizar las conexiones equivocadamente. Algunos receptores de radio poseen únicamente zócalos de cinta de salida y lo mismo ocurre también con los magnetófonos de precios más bajos y en estos casos duelen utilizar el tipo de tres patillas. La figura 8.3 muestra la disposición de patillas más usual.

Las clavijas fono (Fig. 8.4), son más complicadas de conectar, pero en cambio son más flexibles en su utilización, así como más fiables. Cada enchufe y zócalo fono lleva un canal de la señal, por lo que un amplificador estéreo debe poseer dos zócalos fono para las señales de salida al magnetófono y otros dos zócalos para las señales de entrada desde el magnetófono. Utilizando enchufes fono, es mucho

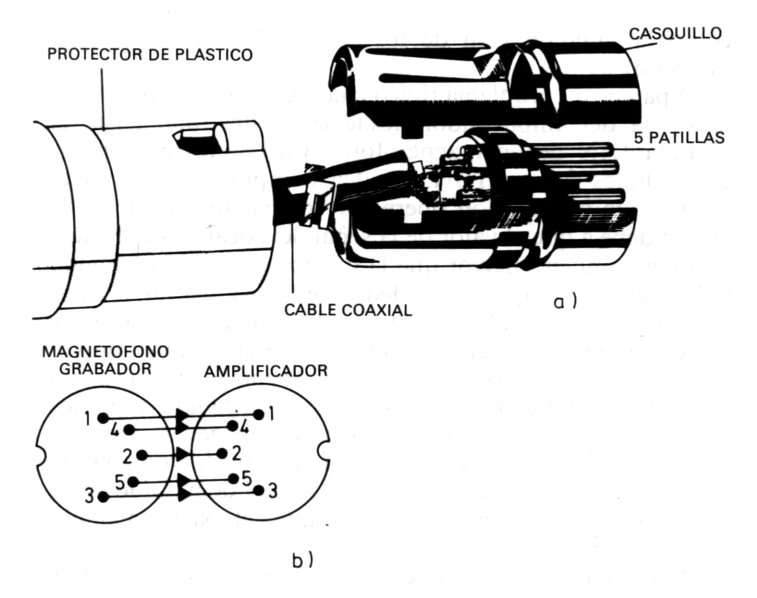


FIG. 8.3. Clavijas DIN: *a*), vista esquemática de una clavija DIN de cinco patillas; *b*), cableado normal de clavijas DIN.

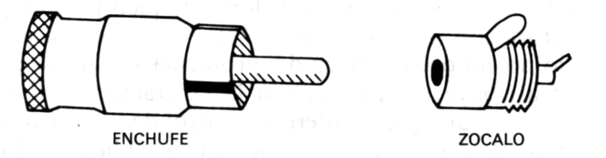


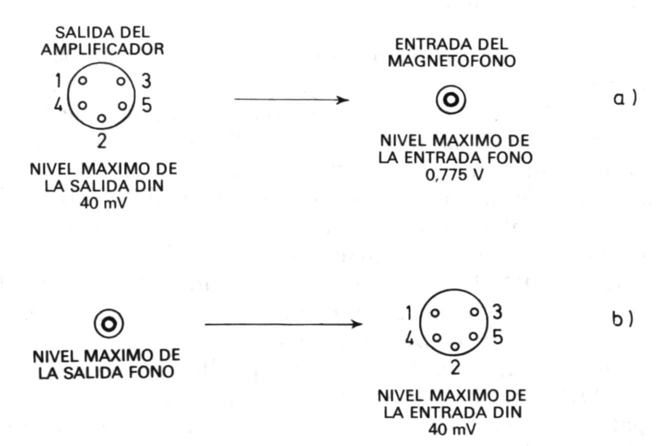
FIG. 8.4. Un zócalo y enchufe fono. Estas clavijas son mucho más fáciles de preparar, pero debe usarse una por cada canal.

más fácil conectar otros equipos, tales como circuitos de reducción de ruido en los caminos de la señal de cinta y además, todos los conectores de clavija fono son intercambiables. Asimismo, son posibles efectos especiales, tales

como la interconexión de los canales I (izquierdo) y D (derecho).

Aparece un problema típico cuando tiene que conectarse la salida del amplificador desde la clavija fono hasta la entrada DIN de un magnetófono. Los cables para pasar de enchufes fono a DIN, pueden comprarse, pero no es seguro que la conexión opere correctamente. La razón de ello se debe a que el valor de la señal del zócalo fono es normalmente mucho mayor que la del zócalo DIN (a menudo 0,7 V del fono, y quizás alrededor de 50 mV del DIN, valor variable pero pequeño). En muchos magnetófonos que tienen un zócalo de entrada DIN no existe control de volumen de ningún tipo entre el zócalo de entrada y la primera parte del amplificador de tensión. Esto es debido a que los controles de volumen son componentes que generan mucho ruido eléctrico y se suele situar un control de volumen en un lugar donde el valor de la señal no sea demasiado bajo, por ejemplo, entre la primera y la segunda etapa de un amplificador de tensión.

Sin embargo, el resultado de este tipo de circuito, trae consigo que cuando la señal de entrada es demasiado grande, se satura la primera etapa del amplificador, originando distorsión. La señal de un zócalo fono es normalmente lo suficientemente grande en valores de pico para originar esta saturación, lo que puede crear confusión si el propietario no conoce el origen del problema, ya que la distorsión se atribuye normalmente a la saturación de la cinta. Sin embargo, aunque se altere el control de volumen, no se corregirá este problema, ya que la distorsión ha tenido lugar antes de que la señal haya alcanzado dicho control. En el caso en que no exista ningún tipo de ajuste en la entrada del magnetófono, el único remedio consiste en conectar resistencias en los terminales existentes entre los enchufes fono y DIN. La mayoría de los vendedores de equipos de alta fidelidad pueden hacerlo o pueden suministrar los cables ya preparados con las resistencias.



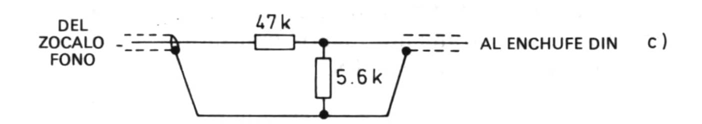


FIG. 8.5. Valores de la adaptación de la señal; *a*), se toma un valor de la señal de baja amplitud de la salida DIN del amplificador y se conecta al zócalo fono de una magnetófono. De esta forma se obtiene una grabación razonable, aunque aparecen dificultades en la obtención de niveles altos de señal con algunas combinaciones del amplificador y del magnetófono; *b*), se toma un valor de la señal de alta amplitud del zócalo fono del amplificador y se conecta a la entrada DIN de un magnetófono. Aparece casi con toda seguridad distorsión, a menos que pueda controlarse el valor de la señal de entrada. El control de volumen no tiene ningún efecto sobre lo indicado, ya que la distorsión ocurre en la primera etapa del amplificador del magnetófono, antes del control de volumen; *c*), puede utilizarse un atenuador para corregir la situación indicada en *b*). Las resistencias pueden ser de $^1/_8$ W y pueden estar situadas dentro del casquillo del enchufe fono.

Copia de cinta a cinta

Aparece un problema singular cuando se graba de un magnetófono a otro; por ejemplo, de una máquina de bobina abierta a otra de tipo cassette o de una de bobina abierta a otra cualquiera. Si se utilizan enchufes fono, se requiere únicamente conectar un terminal de cada señal de salida de un magnetófono en cada señal de entrada del otro. Sin embargo, si se usan zócalos DIN en cada magnetófono, tiene que utilizarse un terminal DIN especial. El conector DIN-DIN normal está pensado para realizar las conexiones entre un amplificador y un magnetófono. Sin embargo, para realizar el copiado de una cinta, lo que se requiere es un conector desde las patillas 3 y 5 de una clavija DIN (patillas de salida) a las patillas 1 y 4 del otro (patillas de entrada) y si se desea se efectúa lo contrario (Fig. 8.6). Estos conectores DIN inversos no suelen encontrarse en los comercios del ramo, aunque pueden solicitarse mediante un pedido especial. Debe indicarse que conviene etiquetar claramente dichos conectores, para distinguirlos de los otros DIN-DIN.

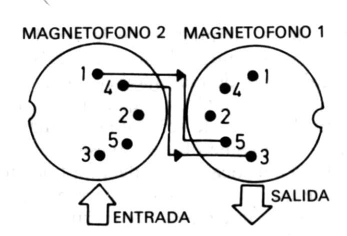


FIG. 8.6. Conexión de clavijas DIN-DIN para efectuar copias de cintas de un magnetófono a otro (conexión inversa).

Ajuste de los niveles de grabación

Antes de poder realizar cualquier grabación con exito, debe saberse si el medidor de grabación está bien calibrado. Idealmente, conviene utilizar la cinta recomendada por los fabricantes y ajustar los niveles de grabación, de forma que las agujas del medidor no oscilen sobre la marca 0 VU. Desgraciadamente, esto no puede hacerse a menudo, como ya se ha indicado anteriormente: ningún fabricante de magnetófonos hace recomendaciones claras acerca de la cinta, ninguno dice definitivamente qué tipo de cinta debe usarse; algunos suministran cintas de muestra de fabricantes desconocidos y, finalmente, la mayoría ni menciona cuál es la cinta preferida. Además, los medidores del nivel de grabación pueden no estar perfectamente calibrados y, por lo tanto, ser falso lo que indiquen. En cualquier caso, debemos determinar nosotros mismos las mejores condiciones de grabación.

Si, como es usual, no existe ninguna cinta recomendada, debemos comparar varios tipos. Si esto resulta demasiado tedioso, una posible solución consiste en utilizar la cinta Maxell para los magnetófonos japoneses y la BASF para los restantes, aunque puede ser posible obtener excelentes resultados con otras buenas marcas de cintas, como Agfa, Ampex, TDK, Scotch, etc. Debe evitarse el uso de cintas y cassettes de la marca Brand-X (aunque algunas cintas buenas se venden bajo su «propia-marca»), especialmente a precios rebajados. Actualmente, que pueden obtenerse cintas de alta calidad a precios de descuento, no merece la pena realizar grabaciones importantes con material de baja calidad. En lo que a los cassettes se refiere, la mecánica de los mismos es tan importante como la cinta que contienen, ya que deben evitarse los atascamientos; los cassettes baratos resultan caros a largo plazo, como lo han comprobado muchos al tratar de repararlos cuando estaban atascados.

Cualquiera que sea el tipo de cinta o cassette que finalmente se seleccione, no deben nunca alterarse los ajustes

de polarización o cualquiera de los otros controles que existen dentro del magnetófono; dichos ajustes pueden realizarse únicamente si se dispone de los adecuados instrumentos de medida, y además el ajuste de la polarización no es una tarea fácil, excepto para un técnico experimentado.

Imaginemos que se comienza con un magnetófono que tiene las cabezas limpias, una cinta virgen y una fuente de señal tal como una platina y un amplificador u otro magnetófono (preferiblemente de alta calidad). La tarea principal consiste en determinar lo fiables que son las marcas sobre el medidor del nivel de grabación y que deben corresponder a los niveles de tipo que pueden grabarse sobre la cinta que se está utilizando.

Los medidores de nivel de grabación suelen estar marcados en la forma VU, con cifras indicadas en decibelios o marcados simplemente con una línea roja o con una región que indica señal excesiva. Una vez ajustado, el nivel de distorsión máximo aceptable debe obtenerse en 0 dB o en la marca de línea roja, utilizando un tipo de cinta; pero, sin embargo, si se utiliza otro tipo de cinta y una fuente de señal diferente, no puede esperarse de los medidores más que una guía del nivel de grabación correcto. La acción de los medidores es tal que pueden obtenerse lecturas diferentes para los mismos niveles de la señal de pico, dependiendo de la duración del pico y de la frecuencia de la nota. Por ejemplo, un redoble de tambor prolongado, no da necesariamente la misma lectura en el medidor que un único golpe de tambor, incluso siendo idénticos los valores de las amplitudes de las señales de pico.

Se puede seleccionar una pieza corta de música para grabación, que contenga algunos pasajes suaves, en los que se oye el silbido de cinta, otros «intermedios» y algunas notas estrepitosas. Pueden obtenerse grabadores de prueba, cinta y cassettes que son muy útiles para este propósito y con ellos a veces se establece que la regrabación para fines de prueba está permitida. Cárguese el magnetófono con una cinta o cassette y córrase la cinta hasta que se encuentre en el

carrete de captación. La cinta cassette a menudo se dobla al final, cerca de la guía, y esta parte doblada debe también rebobinarse. Presione la puesta a 0 del contador de forma que el mismo marque 000, con lo que se sabe donde han comenzado las pruebas. Asegúrese que el conmutador de selección de cinta (si existe) está fijado para el tipo de cinta que se está usando (férrica, de cromo o de ferricromo) y desconéctese la reducción de ruido Dolby. Oprímase la tecla o botón de «grabación» y, sin mover la cinta, determínese el pasaje más estrepitoso de la música y reprodúzcase; esto se realiza para ajustar el control de volumen de forma que estas notas más estrepitosas pongan las agujas de los medidores de grabación en la línea de –5 dB (o si está sin marcar, hasta una distancia muy próxima por debajo de la línea roja).

Ahora, sin alterar el ajuste de los controles de volumen, vuelva a pasar el reproductor de cinta para repetir el pasaje total de música y esta vez presione las teclas «grabación» y «operación» de forma que la música esté siendo grabada. Las lecturas máximas de los medidores no deben exceder la línea de –5 dB en que fueron ajustadas. Cuando se haya completado la grabación, pare y anote la lectura del contador, rebobine la cinta hacia delante durante una cuenta de 5, y anote la lectura de nuevo.

De nuevo repita esta grabación; pero esta vez sitúe los controles del volumen del nivel de grabación de forma que las agujas del medidor fluctúen en la marca 0 dB en los pasajes más estruendosos. Haga una grabación con este ajuste, pare, anote la lectura, rebobine hacia delante y anote la lectura como antes. Haga una tercera grabación, esta vez ajustando los controles de volumen, de forma que las agujas del medidor alcancen la marca del +5 dB (o algo por encima de la línea roja), recordando anotar las lecturas del contador. Finalmente, haga otra grabación de la misma forma, pero esta vez permitiendo que las agujas del medidor toquen los topes de delante en los pasajes estruendosos de la música.

Ahora, reproduzca las cuatro grabaciones preferible-

mente a través de un amplificador y altavoces de alta calidad. Ajuste el control de volumen para reproducción, de forma que el pasaje más tranquilo pueda oirse en una habitación en silencio. Es posible que tengamos que reproducir más de una vez para lograr los ajustes correctos y éstos serán diferentes para cada una de las grabaciones; la primera grabación hecha a –5 dB necesitará un ajuste más elevado que la última.

Escúchese atentamente cada pasaje reproducido y anote factores tales como silbido de la cinta, claridad y distorsión. Una cinta que se encuentre infragrabada, puede sonar suave, pero será perceptible el silbido de la cinta y el sonido aparecerá atenuado. Una cinta supergrabada, sonará distorsionada en cada pasaje estruendoso. El nivel de pico correcto, tendrá poca distorsión perceptible hasta un nivel tan alto como pueda utilizarse.

El propósito de todo esto es determinar cuánto movimiento se permite en las agujas del medidor por encima de 0 dB o de la línea roja. Con algunas combinaciones de polarización y cinta, incluso breves saltos de las agujas por encima de la línea de 0 dB, se origina una distorsión apreciable, y las grabaciones deben realizarse evitando excederse de este nivel. Muchas de estas combinaciones de máquina y de cinta son menos exigentes (lo que significa que existe demasiada polarización para la cinta utilizada), por lo que debe usarse un ajuste más elevado y puede permitirse a las agujas moverse bastante por encima de la línea roja en picos cortos, aunque a menudo determinemos que las notas altas de larga duración (especialmente notas altas de soprano), no pueden alcanzar el mismo ajuste del medidor sin una distorsión apreciable.

Como el silbido de la cinta es muy molesto, puede mejorarse la calidad de nuestras grabaciones utilizando el nivel de grabación más alto que se pueda, limitado por la distorsión que ocurre cuando la cinta está sobrecargada; esto es cierto, tanto si se utiliza un sistema de reducción de ruido como si no. Dado que el nivel de distorsión se decide por

una combinación de la cinta y de la polarización, debemos averiguar por nosotros mismos lo que es posible conseguir con el magnetófono que estamos utilizando y, si no se dispone de instrumentos, esto únicamente puede hacerse mediante pruebas, como las descritas anteriormente.

Los aparatos que utilizan circuitos de protección automática de sobrecarga no pueden comprnbarse de esta forma, a menos que se desconecten los mismos; pueden comprobarse grabando hasta el nivel de sobrecarga con un número de cintas distintas y seleccionando la cinta de mejor sonido, aunque ésta no es una comprobación satisfactoria. Estos aparatos resultan muy útiles para grabaciones de programas de radio. Resulta difícil averiguar cuál es la señal de pico cuando se está grabando un programa de radio, particularmente si la música no es familiar y un pasaje estruendoso inesperado puede originar una distorsión considerable antes de que puedan ajustarse los niveles de control. Cuando se está grabando únicamente un número de un concierto, se pueden ajustar los controles del nivel de grabación previamente con otras obras de música sin hacer ninguna grabación naturalmente. La grabación de discos, siempre que sea legal, es mucho más fácil, ya que los controles pueden ajustarse durante una operación de prueba antes de la grabación.

Si el magnetófono está equipado con un sistema de reducción de ruido Dolby, el conmutador Dolby deberá encontrarse normalmente en la posición de conexión («ON»). Con el sistema Dolby conectado, no resulta tan importante grabar el máximo nivel posible, si bien debe aspirarse a que los picos de las fluctuaciones de las agujas del medidor de la señal, se encuentren dentro de la región donde sabemos por experiencia que comienza la distorsión. Puede encontrarse en algunos tipos de magnetófonos que la distorsión aparece para lecturas del medidor ligeramente inferiores, cuando el sistema Dolby se encuentra en uso, y por ello conviene realizar algunas grabaciones con el mismo nivel, pero alternativamente, conectando y desconectando el Dolby.

Reproducción

Cuando se utiliza un magnetófono portátil para reproducción, lo que es totalmente común en los cassettes, la reproducción consiste simplemente en cargar la máquina y oprimir la tecla de operación. Algunas máquinas portátiles, tales como la ITT 720, reproducen en mono en el pequeño altavoz interno, aunque dan una salida de alta calidad en estéreo si se utilizan unos cascos estéreo. Sin embargo, los aparatos de mejor calidad son las platinas, generalmente, equipadas únicamente con amplificadores de tensión e igualación, pero sin amplificadores de potencia, ni controles de tono ni de volumen, ni altavoces. Estas platinas de bobina abierta o de cassette se diseñan para su utilización con un amplificador estéreo y altavoces.

La platina de cinta/cassette y el amplificador deben conectarse correctamente. No debe existir problema ni siquiera en el caso de un magnetófono provisto de enchufe fono, que tiene que conectarse a un enchufe DIN en el amplificador, ya que normalmente la señal se toma directamente del control de volumen del amplificador, sin ninguna etapa amplificadora y lo más probable es que no aparezca sobresaturación si los controles están conectados normalmente. La entrada del amplificador correspondiente al giradiscos, no debe usarse nunca para reproducir cintas; sin embargo, si el amplificador no dispone de enchufes de entrada auxiliar/radio/cinta (lo que es infrecuente en la actualidad), puede añadirse una entrada al circuito, si bien esta tarea la debe realizar un técnico experimentado.

El amplificador y la platina de cinta pueden conectarse y el selector de entrada del amplificador situarse en la posición «cinta» o en cualquiera que esté marcada como enchufe de entrada, normalmente «aux». Si se oprime la tecla de reproducción de cinta, el control de volumen del amplificador debe ajustarse de forma que el silbido de la cinta no sea perceptible y deben conectarse los circuitos Dolby en el caso en que la grabación original hubiese sido

realizada en Dolby. Debe señalarse que las cintas grabadas por el sistema Dolby, pueden reproducirse en una máquina que no posea circuitos Dolby. Su efecto consiste en que aparecen más nítidos ligeramente los agudos y en un nivel de ruido curiosamente variable. Aquellas cintas que no hayan sido grabadas en Dolby, no deben reproducirse utilizando el sistema Dolby, ya que origina pérdida de agudos.

Fallo momentáneo de registro

Los fallos momentáneos de registro con cinta, son bastante raros en la actualidad utilizando cintas de alta calidad. El fallo momentáneo de registro consiste en una ligera pérdida de señal, a menudo en un solo canal, y que viene originada normalmente por fallos en la cinta, aunque puede también contribuir la suciedad en las cabezas grabadora y reproductora, así como posibles defectos en las almohadillas compresoras. Una causa seria de fallo momentáneo de registro, sucede cuando se toca el lado recubierto de la cinta, lo que quita la pequeña película de partículas magnetizadas y deja una película de grasa en la cinta. Resulta conveniente, por tanto, que las cintas de cassette se encuentren bien protegidas; en cuanto a las cintas de bobina abierta deben manejarse únicamente por los extremos, y los carretes debe guardarse en cajas. Las cintas de baja calidad originan un gran número de fallos momentáneos de registro.

Auriculares

La audición con auriculares es posible con todo tipo de amplificadores prácticamente y un gran número de platinas de cinta. Si un enchufe de cascos o auriculares está instalado en un amplificador, deben desconectarse los altavoces o se desconectan solos por la acción de enchufar los cascos. El volumen de la señal puede entonces controlarse utilizando el control de volumen del amplificador. En el caso en que la

platina de cinta venga provista de enchufe para cascos, el nivel es pocas veces ajustable, por lo que deben usarse auriculares con controles de volumen incorporados. En algunos magnetófonos portátiles, el volumen de sonido en los auriculares es bastante bajo, aunque puede aumentarse mediante una modificación relativamente simple de los circuitos, fácilmente realizable por cualquiera que posea cierta experiencia en electrónica.

Magnetófono de tres cabezas

Varios magnetófonos de bobina abierta de alta calidad y al menos un magnetófono de cassette compacto utilizan tres cabezas, para borrado, grabado y reproducción. De esta forma cada cabeza está fabricada con un único propósito, utilizando una abertura de la cabeza grabadora más ancha que para la cabeza reproductora, ya que esto reduce enormemente el riesgo de saturación del material de la cabeza de la cinta. Estos aparatos llevan incorporados amplificadores independientes para grabación y reproducción, de forma que las señales grabadas por la cabeza grabadora pueden escucharse mediante la cabeza reproductora una fracción de segundo más tarde. El retardo de tiempo originado se debe al que corresponde por el hecho de que la cinta debe pasar desde la cabeza grabadora a la cabeza reproductora. Esto nos permite supervisar una grabación a medida que se está realizando, escuchando lo que ha sido grabado en lugar de lo que va a grabarse. Es obvio, que esto nos permite ajustar los niveles de comprobación mucho más rápidamente que cuando se utiliza una cabeza grabadora reproductora combinada. La utilización de tres cabezas exige la construcción de cabezas muy compactas cuando el sistema se extiende a cassettes y parece algo sin sentido, pero la utilización de tres cabezas en uno de los aparatos diseñado por ELCassettes estaría en concordancia con las altas normas de calidad que parece ofrecer esta firma.

9

TECNICAS MAS AVANZADAS

Muchos usuarios de magnetófonos están perfectamente satisfechos con las técnicas de grabación sencillas y con las grabaciones técnicamente simples. El principiante, que ha demostrado su gran interés comprando este libro, es probable que esté interesado en un trabajo más creativo, aprendiendo a utilizar el magnetófono para conseguir un sonido más vivo e interesante que el que puede obtenerse mediante una grabación sencilla. Nadie sugeriría que la grabación de una ópera se mejoraría insertando efectos sonoros extras, pero pueden mejorarse enormemente muchas grabaciones descriptivas. Por ejemplo, una entrevista con un piloto ganaría con la introducción de cierto ruido de la aeronave, si bien esto debería controlarse adecuadamente. No deberíamos situarnos enfrente de una aeronave para llevar a cabo la entrevista; realizaríamos la entrevista en una cinta, registraríamos algunos sonidos en otra, y posteriormente los mezclaríamos para montar la cinta final. Este tipo de tarea puede resultar muy satisfactorio y sus efectos mucho más interesantes de escuchar.

Desgraciadamente, muchos de los trucos necesarios para la grabación de cintas creativas, requieren de un magnetófono bastante complejo, con grabaciones y cabezas de reproducción separadas. No obstante, consideremos en primer lugar lo que puede lograrse utilizando un magnetófono

normal antes de contemplar las posibilidades que ofrece uno de tres cabezas. Debe indicarse, que la grabación de cintas creativas, tal y como se han definido aquí, requieren de la utilización de aparatos de bobina a bobina, ya que muchas de las técnicas empleadas son bastante más fáciles con la cinta más ancha y con velocidades variables que poseen los magnetófonos de bobina a bobina.

Montaje de cintas

El montaje, ya sea en imprenta, en película o en cinta, es un proceso de selección, de cortado y de unión. Todos nosotros hemos visto películas en las que se producen efectos muy diversos, cortando y pegando el celuloide —el clásico es el plano que muestra una docena de personas abandonando el coche una a una—. El plano se consigue disparando la cámara con personas entrando y saliendo alternativamente del coche: posteriormente, se corta la película de forma que las únicas partes que permanecen, son las que muestran gente saliendo del coche. Estos trozos de película se unen posteriormente completándose así el proceso de montaje.

Existen muy pocas cintas (y desde luego ninguna película) que no puedan mejorarse mediante montaje. Por ejemplo, una entrevista grabada directamente no suele resultar completamente satisfactoria. El entrevistado puede pararse, tartamudear, preguntar para aclarar una cuestión, encender una pipa o hacer otros ruidos que no contribuyen en nada a la entrevista. Todas estas porciones no deseadas de cinta, pueden eliminarse en el proceso de montaje, haciendo que la entrevista resulte nivelada y continua. Cuando ambos, el entrevistador y el entrevistado, son nuevos en el oficio, esto es absolutamente necesario.

Naturalmente, podría hacerse exactamente lo contrario y hacer que el sujeto entrevistado pareciera indeciso, nervioso, evasivo o despistado, añadiendo pausas, ruidos,

repeticiones u otros efectos. La responsabilidad de un montador, ya sea de impresión, de película o de cinta, consiste en evitar, utilizando su destreza, dichos finales artificiales indeseables, salvo que el oyente sepa que la intención es cómica y los participantes estén de acuerdo con el montaje.

El corte de material indeseado forma gran parte del montaje de cintas; no obstante, el montaje presenta también aspectos más creativos. La adición de efectos sonoros es una aplicación importante del montaje. Por ejemplo, si se desea grabar el sonido de las tres en punto marcadas por el reloj del Ayuntamiento en la escenificación de una pieza corta, sería intolerable tener que comenzar la grabación en la puerta del Ayuntamiento a las 2,55. Deberíamos grabar la obra sin los sonidos de las campanadas en una cinta, posteriormente utilizar un grabador portátil para grabar las tres campanadas del reloj (no necesariamente a las tres en punto, ya que podemos desconectar el magnetófono una vez grabada la tercera campanada). Podemos entonces cortar el trozo de cinta que contiene las campanadas y empalmarlo en el lugar correcto de la cinta de la obra, cortando la primera cinta y dejando sitio para su inserción. Por lógica, se demuestra que los efectos sonoros montados de esta forma, pueden ser de gran utilidad para cualquier obra corta sonora.

Montaje práctico

La acción de montaje exige la identificación del trozo de cinta correcto, el corte de la cinta y la unión de los diferentes trozos. Si se usa cinta de bobina a bobina, de 6,5 mm el montaje no es excesivamente difícil, aunque debe señalarse que el montaje únicamente puede realizarse sobre sonido grabado en una pista. En el caso en que se haya utilizado una cinta de dos pistas, el corte de un trozo para montaje eliminará ambas pistas, de forma que la abertura aparecerá en la segunda pista. Las cintas de cassette son

mucho más complicadas para el montaje, ya que la cinta es más estrecha y se requiere extraerla del cassette para su manejo.

La identificación de la parte correcta de la cinta exige un magnetófono equipado (preferentemente) con control de pausa, que pueda detener la cinta casi instantáneamente. Prácticamente todos los magnetófonos de bobina a bobina que el usuario aficionado pudiera poseer, dispondrán con toda probabilidad de dicho control de pausa. Escuche el trozo de cinta en primer lugar, anotando la lectura del contador de posición de cinta cuando la sección que se desea cortar se acerca a la cabeza. Ahora rebobine utilizando el contador como guía. Coloque el grabador en funcionamiento y utilice el control de pausa para soltar la cinta a ráfagas hasta alcanzar el punto de corte correcto. Con cierta práctica, esto puede lograrse con bastante precisión. Extraiga las cubiertas de la cabezas y marque el trozo de cinta que está frente a la abertura de la cabeza reproductora, utilizando una pluma con punta de fieltro con cubierta de plástico (ya que no deben acercarse materiales magnéticos cerca de la cabeza). A continuación puede quitarse la cinta para su corte.

Es posible cortar la cinta con tijeras, aunque no es deseable. En primer lugar, muchas tijeras pueden estar magnetizadas, lo que origina un borrado o ruido sobre la cinta. En segundo lugar, resulta muy difícil cortar dos trozos distintos de cinta exactamente con el mismo ángulo de forma que puedan unirse exactamente los diferentes trozos. Un método mucho mejor consiste en utilizar un cortador de cinta como el fabricado por Bib, ya que esto asegura que la cinta esté situada correctamente y que el corte sea de 90° respecto a su longitud. Una vez cortada la cinta, el siguiente paso consiste en empalmar los nuevos trozos de cinta. El empalme puede efectuarse con una cinta adhesiva, ya que la cinta de oficina no es bastante satisfactoria, dado que el adhesivo tiende a rezumar originando que se peguen diversas capas de la cinta. Además, las cintas adhesivas de

oficina, son demasiado gruesas para su utilización en empalmes, de forma que los resultados más duraderos se obtienen utilizando cinta de empalme diseñada para la unión de cintas magnéticas. Dicha cinta utiliza el mismo recubrimiento de plástico que el usado por las cintas magnéticas, así como un adhesivo no rezumante, de forma que las uniones empalmadas pasen suavemente sobre las cabezas y la cinta no se engome sobre sus carretes.

El corte, las plantillas de empalme y la cinta de empalme, se encuentran disponibles tanto para cintas tipo cassette como para cintas de bobina abierta, aunque como se indicó anteriormente (véase página 92), la operación de empalmado es más difícil cuando se utilizan cintas de cassette (distintas de las de ELCassettes).

Mezclado de sonidos

El montaje de cintas nos permite situar un efecto sonoro en otro trozo de cinta, pero únicamente sustituyendo totalmente la cinta, de forma que el sonido en la cinta se interrumpe por el correspondiente al trozo insertado. El mezclado es una técnica que nos permite disponer de varios sonidos procedentes de distintas fuentes y montarlos en el mismo trozo de cinta. Un mezclador es un accesorio electrónico que tiene varias entradas, cada una de las cuales dispone de un conmutador, un control de volumen y una salida; la señal de salida puede contener señales de cualquiera o de todas las entradas en diversas proporciones (Fig. 9.1). Se diseñan muchos tipos de mezcladores para su uso con micrófono, de forma que pueda mezclarse el sonido de varios micrófonos antes de ser grabado, usando un solo canal de salida para grabaciones mono y dos canales de salida para estéreo. Los mezcladores se utilizan también extensamente para armonizar sonidos en su última etapa, cuando el sonido procedente de dos o más cintas se mezcla y se graba sobre la cinta final.

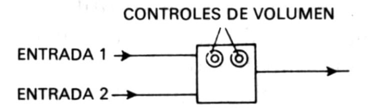


FIG. 9.1. Mezclador. Un mezclador nos permite controlar dos o más fuentes de señal independientes y mezclarlas en cualquier proporción mediante un control de volumen por cada canal. Aquí se muestra esquemáticamente un mezclador de dos canales.

El mezclado con micrófonos es una técnica que necesita cierta experiencia si se desean obtener resultados razonables, pero supera el problema originado por la distancia desde una fuente sonora al micrófono. Supóngase que estamos grabando la actuación de un gran coro con los cantantes en semicírculo (Fig. 9.2). Situando un único micrófono en el centro, la grabación será razonablemente buena, pero el sonido procedente de la fila última, se grabará a un nivel inferior del procedente de la primera. Naturalmente, la solución consiste en disponer a los cantantes en una circunferencia completa alrededor del micrófono, pero esto es normalmente inaceptable —el director no puede ser visto por todos, probablemente «obstaculiza» el micrófono y además el radio de la circunferencia tiene que ser bastante grande.

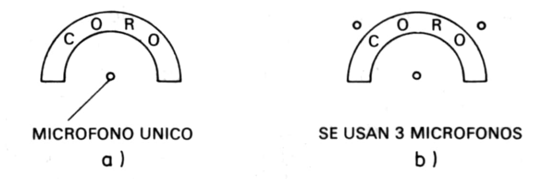


FIG. 9.2. Con un único micrófono: *a*), la grabación es inadecuada, la utilización de un mezclador nos permitirá utilizar varios micrófonos, *b*), y realizar el mezclado hasta conseguir un sonido más satisfactorio.

Una forma de solución diferente consiste en utilizar uno o dos micrófonos próximos entre sí y mezclar sus señales con la señal del micrófono frontal. Sin embargo, esto no puede hacerse de cualquier modo y el operador del magnetófono tendrá que escuchar las señales del mezclador (utilizando auriculares que estén bien aislados del sonido) de forma que pueda manejar los controles del mezclador para obtener la armonización óptima. Además, pueden hacerse cambios en la posición de los micrófonos próximos. Otro ejemplo de mezcla utilizado en una situación análoga es cuando un piano acompaña a un grupo de cantantes y se utiliza un micrófono separado para el piano. El mezclado nos permite dar énfasis al piano durante la introducción y posteriormente disminuirlo ligeramente cuando el cantante comienza su actuación. Cuando se graba en estéreo, podemos conseguir que un piano que está en realidad situado a un lado de un grupo de cantantes, al reproducirlo parezca como si hubiese estado colocado en la parte central. De nuevo, esto se logra utilizando micrófonos estéreo separados para el piano y un micrófono de baja sensibilidad para los cantantes, y la mezcla produce el efecto deseado.

El mezclado puede usarse también como un proceso de montaje de cinta. Retrocediendo a nuestro ejemplo anterior de la pieza corta en la que el reloj del Ayuntamiento marca las tres: el empalme puede situar las campanadas del reloj en la cinta de la pieza corta, pero no puede obtenerse el efecto del golpeteo del reloj como fondo de un discurso. Esto puede hacerse si se graba la pieza corta en una cinta y el reloj en otra y las dos cintas se reproducen en un grabador diferente. Las salidas de las señales eléctricas son insertadas posteriormente en un mezclador (Fig. 9.3), de forma que los sonidos pueden armonizarse y la salida del mezclador es finalmente grabada sobre una tercera cinta.

Para lograrlo, se requieren tres magnetófonos, aunque como se verá posteriormente el proceso es más simple si se utilizan magnetófonos de cuatro pistas o de estéreo. Esta forma de montaje puede originar incluso mejores resultados

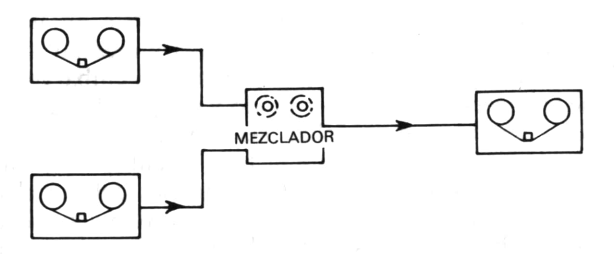


FIG. 9.3. Mezcla de sonidos grabados. En este diagrama, los sonidos quizás grabados para una representación, se mezclan sobre una cinta final.

que el empalme, y se utiliza mucho en la producción de música grabada en la actualidad, en donde se graba cada instrumento en una pista de cinta separada para armonizarlas finalmente. Deben tomarse precauciones para no repetir el proceso demasiado a menudo, ya que la copia repetida de una cinta sobre otra, origina un nivel de ruido inaceptable sobre la cinta final. En particular, no debe copiarse mucho sonido de una cinta de cassette de este modo, dado que el nivel de ruido de las cintas de cassette es normalmente bastante alto al comenzar.

Supervisión con auriculares

Cuando se realiza una grabación más ambiciosa, representa siempre un inconveniente que el sonido final grabado no pueda oirse hasta que se reproduzca la cinta. Esto es particularmente cierto, cuando se utiliza un mezclador microfónico o si se utiliza mezclado para armonizar las señales de varias cintas. Muchos magnetófonos de bajo precio, utilizan los mismos circuitos electrónicos, tanto para grabación como para reproducción, por lo que es imposible obtener una salida para el altavoz durante la grabación.

En todos los casos la operación es más fácil si puede escucharse la señal (supervisarse) durante la grabación.

Las máquinas semiprofesionales de más alto coste utilizan cabezas distintas de grabación y reproducción para ofrecer la posibilidad de su supervisión óptima, ya que la señal puede oirse reproducida de la cinta una fracción de segundo posterior a su grabación. Cuando no se dispone de esta característica, existen algunos métodos que hacen posible obtener la señal en unos auriculares, tal como un casco conectado al amplificador de grabación. Si no existe la posibilidad de la supervisión mediante auriculares, el procedimiento más simple consiste en comprar o construir un pequeño amplificador de auriculares que puede conectarse a la unidad mezcladora, de forma que las señales mezcladas puedan oirse según se vayan grabando (Fig. 9.4).

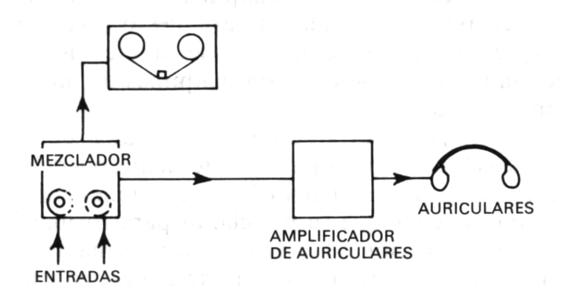


FIG. 9.4. Supervisión del mezclado. Si el magnetófono no dispone de supervisión por auriculares durante la grabación, puede entonces utilizarse un pequeño amplificador de auriculares, activado por una señal de una de las salidas del mezclador. Es esencial supervisar el efecto de mezclado cuando se varían los controles.

En algunos aparatos, la señal de supervisión de auriculares, se toma del amplificador de grabación situado tras la preacentuación de los agudos (véase Cap. 6), con lo que

el sonido escuchado en los auriculares es anormalmente estridente. Esto hace la supervisión más difícil pero no totalmente imposible, suponiendo que el usuario conozca que lo normal es la aparición de dicho sonido. Con cierta experiencia en la comparación del sonido de los auriculares con el sonido reproducido, se acostumbrará pronto el usuario a operar de este modo.

Variaciones de velocidad

Aunque puede realizarse un importante trabajo creativo utilizando un magnetófono simple con un empalmador, y quizás micrófonos adicionales y un mezclador, el margen de actividad posible puede extenderse enormemente si se compra un magnetófono más complejo en primer lugar. Una característica de las mejores máquinas de bobina a bobina, consiste en poseer velocidades variables o preestablecidas, y esto ofrece la oportunidad de conseguir efectos imposibles con máquinas de cassette o con máquinas de bobina a bobina más baratas.

Una ventaja importante de una máquina de bobina a bobina de velocidad múltiple consiste en que puede utilizarse la velocidad más rápida para las grabaciones más críticas —que son aquellas que se mezclarán para formar la cinta final—. La utilización de la velocidad máxima asegura que las relaciones señal-ruido, serán excelentes, con lo que el mezclado y la regrabación no originará la degradación perceptible de la señal que normalmente ocurre cuando se transfiere un sonido de un cassette a otro.

Naturalmente, la posibilidad de disponer de varias velocidades en la máquina permite realizar efectos especiales acelerando o retardando las cintas adecuadamente. Cuando se utiliza una máquina de tres velocidades, la grabación a la velocidad «media» (normalmente 19 cm/s) posibilita la mezcla del sonido grabado de forma que es acelerado funcionando a alta velocidad o retardado fun-

cionando a baja velocidad. Los efectos de variación de velocidad se consiguen en las máquinas cassettes, utilizando motores controlados electrónicamente, pero el control de velocidad no debe ser ajustado por el usuario, de forma que únicamente alguien experimentado con un buen conocimiento técnico de su máquina, puede intentar conseguir variaciones de la velocidad en cassettes.

Pistas múltiples

Los modernos magnetófonos estéreo de cuatro pistas ofrecen a sus usuarios la oportunidad de escuchar el tipo de mezcla de sonido que se realiza en los estudios de sonido, suponiendo que los amplificadores puedan controlarse separadamente. Aunque normalmente se utilizan las pistas de estéreo para llevar las señales a los canales derecho e izquierdo, no existe ninguna razón en contra para que señales distintas puedan no ser grabadas sobre dichas pistas. Por ejemplo, podemos grabar una pista con el sonido de una banda. Se puede entonces conectar los auriculares en ese canal, conectar un micrófono en el otro canal y cantar mientras se escucha la banda. Podemos entonces rebobinar y reproducir, ajustando los dos controles de volumen de forma que la canción se mezcla con el sonido de la banda en las proporciones deseadas (Fig. 9.5). Naturalmente, esto es una grabación mono y esta técnica no puede utilizarse para hacer grabaciones estéreo mezcladas sobre un magnetófono estéreo. Esta utilización de canales separados de reproducción y grabación estéreo origina, sin embargo, que el uso de un mezclador para montaje sea bastante superfluo.

Hace tiempo, se suministraba a algunos modelos de magnetófonos baratos un conmutador «sonido sobre sonido», que permitía hacer una grabación adicional sobre una grabación existente. El principio era muy simple: el valor de la señal de borrado era enormemente reducido, de forma que la cinta grabada no estaba totalmente borrada antes

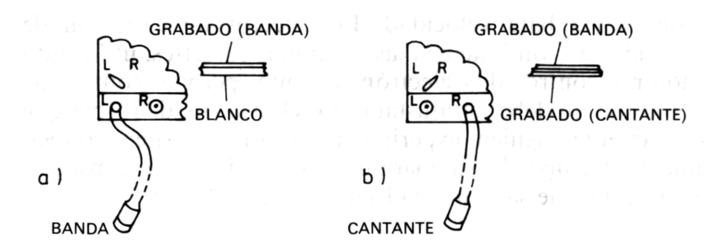


FIG. 9.5. Mezclado por grabación en pistas múltiples. Se graba un sonido en una pista *a*). Después se hace pasar la cinta de nuevo, utilizando auriculares a fin de supervisar la pista grabada mientras se hace una segunda grabación sobre la pista virgen *b*). Si se reproducen las pistas juntas en una máquina mono, o con el magnetófono conmutado a reproducción en ambas, se obtiene la mezcla de los sonidos.

de ser regrabada. De este modo, la grabación original de la cinta podía oírse como fondo de la nueva grabación realizada sobre ella. El método nunca resultó satisfactorio, ya que el comportamiento de distintas cintas es diferente (algunas se borran más que otras) y además, la distorsión originada cuando se combinaban las dos señales, saturaba la cinta. Y lo que es más importante, era muy difícil lograr el equilibrio entre las dos grabaciones, lo que se consigue cuando se utiliza un mezclador o un método de pistas múltiples.

Cabezas separadas

La utilización de cabezas de reproducción y grabación separadas presenta ventajas técnicas considerables como se ha indicado ya anteriormente, así como varias ventajas artísticas. Una ventaja muy importante se ha mencionado ya: la posibilidad de supervisión con auriculares del amplificador de reproducción mientras se lleva a cabo la grabación. Esto resulta mucho más satisfactorio que la super-

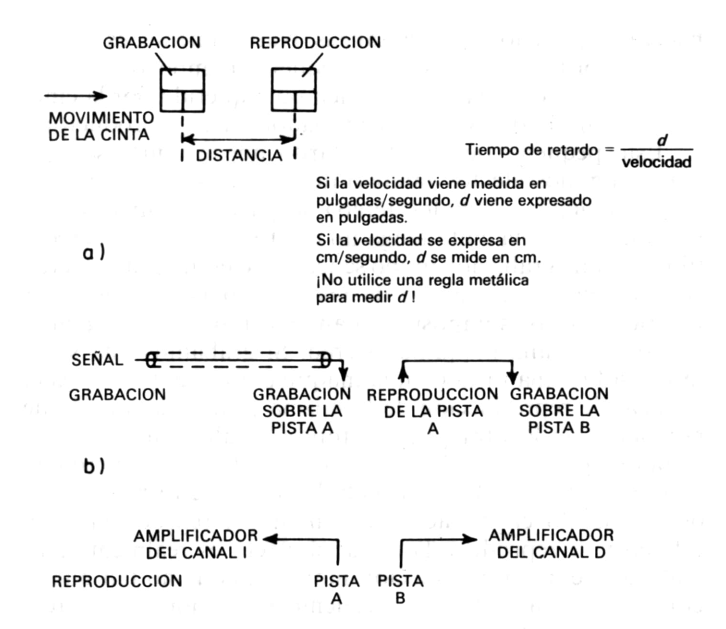


FIG. 9.6. Utilización de cabezas separadas de grabación/reproducción: *a*), existirá un tiempo de retardo entre la grabación y la reproducción, dependiendo de la distancia entre cabezas y de la velocidad de la cinta; *b*), utilización del tiempo de retardo con el fin de conseguir efectos pseudoestéreos. Se graba la señal normal en una pista y la señal retardada en la otra. Cuando éstas son reproducidas en los canales I y D, se obtiene un efecto parecido al estéreo, aunque la señal original es mono.

visión desde el amplificador de grabación, ya que el sonido que se escucha es el sonido reproducido y cualquier fallo de grabación será perceptible. Muchas máquinas van equipadas con cabezas separadas, y presentan también un conmutador etiquetado «original/reproducción», de forma que el enchufe de los auriculares puede conmutarse entre la señal que está siendo grabada y la señal reproducida para

hacer comparaciones instantáneas. Naturalmente, es importante recordar que existe un pequeño tiempo de retardo entre las dos, originado por el tiempo requerido por la cinta para viajar desde la cabeza grabadora a la reproductora.

Este pequeño tiempo de retardo puede utilizarse para lograr algunos efectos interesantes. Uno es la creación de una grabación «pseudoestéreo» a partir de una mono, haciendo que una cinta tenga un efecto estéreo más perceptible que una grabación mono sencilla. Lo esencial del estéreo consiste en que el sonido de los dos canales no debe ser idéntico, y esto es imposible cuando se reproduce una cinta mono sobre una máquina estéreo. Si grabamos una señal mono sobre una pista de una máquina estéreo, y se conecta la señal de reproducción de la misma pista a la entrada de grabación de la otra pista, entonces finalizaremos en una cinta que posee grabada en ella dos señales mono, pero con una de dichas señales retardada ligeramente respecto de la otra. Cuando el grabador se conmuta a reproducción en estéreo y se reproduce la cinta, el efecto es realmente más realista que una reproducción mono, aunque no tan bueno como en el caso de una excelente grabación en estéreo.

Una cinta de este tipo puede reproducirse también en un amplificador mono con una señal retardada al volumen más bajo, con lo que se simula una grabación hecha en una habitación con un eco apreciable. Es posible obtener un efecto multieco sostenido si la salida de una pista se realimenta y mezcla con la entrada *de la misma pista* (Fig. 9.7). Con un ajuste adecuado del control del volumen, esto puede originar el desvanecimiento múltiple del eco. Cada nota grabada será registrada con una amplitud más baja en un tiempo posterior más corto; este efecto se utiliza a menudo como un efecto sonoro para *estimular condiciones de sueño*.

La manipulación del control de volumen durante una conexión eco, puede originar que la subsiguiente grabación sea de la misma amplitud o incluso mayor que la original. La utilización de la misma amplitud origina que los «ecos» sean de desvanecimiento; libre, por lo que se necesita un

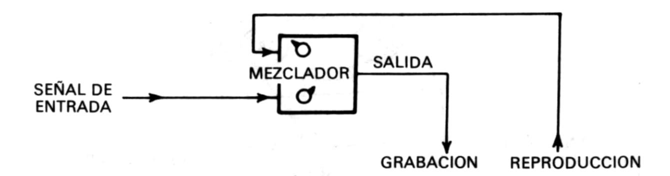


FIG. 9.7. Grabación de un eco sobre una pista. El mezclador se utiliza para recoger la señal retardada y sumarla a la señal grabada. La clase de efecto que se origina depende del ajuste de los controles de volumen del mezclador (véase texto).

empalme o el uso del control de volumen para quitar el eco si se va a grabar otro sonido. La utilización de una amplitud mayor en cada repetición, origina el aumento de la intensidad sonora hasta que la cinta se corte o el volumen se reduzca. Se utiliza a menudo como efecto sonoro para simular alucinaciones.

Sincronización sonido-imagen

Una aplicación de los magnetófonos de pistas múltiples que aumenta día a día, consiste en la producción de presentaciones de diapositivas/conversación combinadas, en donde se utiliza la grabadora para producir el cambio de las diapositivas en el proyector (Fig. 9.8). Esto supone la utilización de un proyector de tipo cartucho (tal como el Rank Aldis 3000) que puede controlarse remotamente. El mecanismo de cambio de diapositivas opera cuando se conectan dos contactos, y esto hace que se desconecte la lámpara del proyector (evitando así el deslumbramiento blanco de la pantalla), que se expulse la diapositiva avanzando el cartucho un espacio y que se sitúe la siguiente diapositiva. Las diapositivas para estas exhibiciones deben utilizar marcos de plástico, ya que las montadas en cartón que entre-

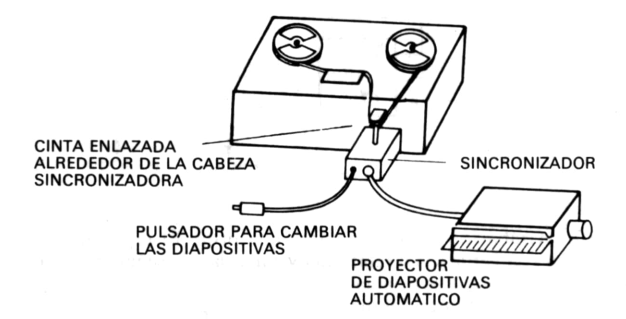


FIG. 9.8. Sincronización cinta-diapositiva. Cuando el diseño de un magnetófono (de dos pistas, por ejemplo) no permite la utilización de sincronizadores electrónicos usando una pista complementaria, puede emplearse un sincronizador por separado. La cinta se lleva sobre la cabeza sincronizadora hasta que llegue al carrete arrollador y se conectan el proyector y el conmutador de cambio de diapositivas. Se graba la pista de sonido en la forma usual y se conecta el conmutador por cada cambio de diapositiva.

gan algunas firmas de revelado no entran siempre de forma fiable en el proyector.

Dado que el cambio de diapositivas se realiza conectando los controles, puede utilizarse una señal eléctrica suministrada por el sincronizador de cinta. Se necesita el sincronizador siempre que se utilice un magnetófono bastante sencillo estéreo o de cuatro pistas, y consiste en una cabeza grabadora/reproductora y en un amplificador conectados a un relé cuyos contactos pueden conectarse en el proyector. La cinta de las cabezas del grabador se enlazan alrededor de la cabeza del sincronizador antes de que vuelvan al carrete arrollador, con lo que la cinta pasa por las cabezas del magnetófono antes de alcanzar el sincronizador.

En el caso de grabación, se carga el cartucho de diapositivas con éstas en el orden requerido por la proyección y se prepara una redacción aproximada del comentario.

Se carga un carrete nuevo en el magnetófono (la sincronización del cassette se verá posteriormente) y la cinta enlazada en la forma normal pasa por las cabezas del magnetófono, posteriormente alrededor de la cabeza del sincronizador y finalmente llega al carrete arrollador del magnetófono. El pulsador de cambio de diapositivas se conecta entonces al sincronizador, normalmente con una clavija DIN y las grabaciones microfónicas sobre el canal correcto. Si se utiliza un micrófono estéreo, el control de volumen debe reducirse al mínimo sobre el canal que no se utiliza en la grabación, ya que este canal debe mantenerse libre para las señales de sincronización. Se interconexionan el magnetófono y el sincronizador y posteriormente se conectan a la red, y el control de volumen del grabador se ajusta al nivel correcto. Se carga el cartucho en el proyector de forma que se muestre la primera diapositiva en el momento en que se haga contacto. Las conexiones interiores del sincronizador, que tienen que conmutarse a «grabación» son tales que el pulsador realizará la conexión que activa al proyector y liberará también un impulso, normalmente una señal de frecuencia principal para grabarse sobre la cinta.

Se conecta ahora el magnetófono a «grabación» y se pone en funcionamiento y se graba cualquier introducción preliminar utilizando el micrófono. Cuando se solicite la primera diapositiva, se presiona el pulsador, con lo que el proyector debe responder. Puede ahora realizarse el comentario correspondiente a esta diapositiva y presionarse el pulsador cuando se solicite la siguiente diapositiva, hasta que se termine con todas las diapositivas. La grabación puede interrumpirse en cualquier momento, siempre que la posición de la cinta no se pierda en el rebobinado.

En reproducción, el equipo se conecta de la misma forma con el sincronizador situado a la misma distancia de las cabezas del magnetófono. Esto es importante, ya que cualquier variación en esta distancia originará una diferencia en el tiempo, en la cual cambia la diapositiva con respecto al comentario. Por ejemplo, acortando la distancia,

las diapositivas cambian antes, mientras que alargando la distancia, las diapositivas cambien más tarde.

Se conecta el sincronizador a reproducción, el magnetófono a cualquier altavoz externo o amplificador necesario y todas las máquinas se conectan a la red. Es preferible que el proyector haya sido enfocado antes de cargarse el cartucho de diapositivas. Comenzará ahora la demostración cuando el grabador se conecte a «reproducción». Se escuchará la introducción y aparecerá la primera diapositiva en el instante preciso. No debe escucharse ningún indicio del impulso de sincronización en el altavoz y cada cambio sucesivo ocurre con una indicación.

Los pequeños grabadores cassettes portátiles no pueden adaptarse fácilmente para sincronización de diapositivas y de todas formas su calidad sonora tampoco los hace recomendables. Sin embargo, pueden utilizarse platinas cassette estéreo, ya que poseen amplificadores con canales separados I y D.

Pueden utilizarse un tipo diferente de sincronizador o puede adaptarse, ya que no requiere ninguna cabeza extra. El sincronizador a que nos referimos en este caso es sencillamente un dispositivo electrónico que genera un impulso (de nuevo generalmente a frecuencia principal) para comunicar el canal inutilizado (I o D), cuando se pulsa el botón de cambio de diapositiva. Dado que se utiliza la cabeza de grabación/reproducción de la platina, dichos sincronizadores son fáciles de aplicar con *caminos no complicados para la cinta*. En la mayoría de los magnetófonos, las señales de entrada y de salida de ambos canales están disponibles en un enchufe DIN. La clavija del sincronizador se conecta en este enchufe y otra clavija DIN (normalmente de tres patillas) va al enchufe correspondiente del proyector. Se conecta el micrófono mediante una clavija MIC sobre el magnetófono —las instrucciones del sincronizador nos dicen qué canal debe usarse—. Como antes, con todas las unidades conectadas a la red, se grabará un impulso de sincronización por cada cambio de diapositiva durante la gra-

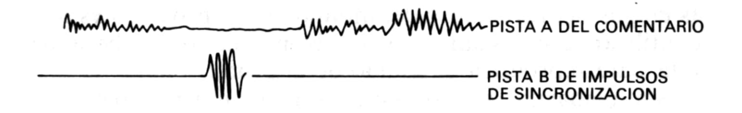


FIG. 9.9. Señales típicas grabadas utilizando un sincronizador.

bación del comentario, y las diapositivas cambiarán entonces en el punto correcto con respecto a la reproducción de la cinta. En el caso de reproducción, la salida del canal sonoro debe conectarse al amplificador y normalmente ésta se lleva a un enchufe sobre el sincronizador, ya que la salida de la platina del cassette se conecta en el sincronizador. Dado que se dispone únicamente de un canal, puede usarse un amplificador mono o un amplificador estéreo conectado en el modo mono.

Dado que un sincronizador puramente electrónico para aplicación con un cassette estéreo o uno de bobina a bobina no requiere cabezas de cinta extras o complicaciones análogas, el sincronizador constituye un proyecto relativamente fácil para realizarlo por cualquiera que posea cierta experiencia práctica y se han publicado varios diseños en revistas tales como *Practical Wireless* y *Practical Electronics*.

Películas sonoras

Hubo una época en la que los proyectores de películas de 8 mm estaban sincronizados por magnetófonos, de forma que podían utilizarse pistas de sonido sincronizadas. Con el desarrollo de las películas sonoras super 8 —una película de 8 mm en super 8 posee una banda magnética a todo lo largo de uno de sus bordes— los sincronizadores no son tan usuales en el cine sonoro aficionado. La tendencia es utilizar sonido grabado por la cámara, de forma que la película posee una pista sonora sincronizada perfectamente en todas

las etapas del revelado y del montaje y los proyectores que se utilizan están equipados también con una cabeza de cinta para reproducir el sonido de la pista.

Sin embargo, se producen todavía muchas películas sonoras que utilizan cámaras que no están equipadas con cabezas de grabación magnética. En dichas películas la pista sonora debe grabarse separadamente, aunque el sonido se copiara normalmente sobre una banda magnética situada en el borde de la película acabada tras su montaje (Fig. 9.10). Se dispone fácilmente de cintas y máquinas para bandas magnéticas, así como reveladores de película con los equipos correspondientes que sonorizan la película tras su revelado. El problema principal aquí consiste en mantener la sincronización entre la acción y el sonido, ya que los dos han sido grabados separadamente.

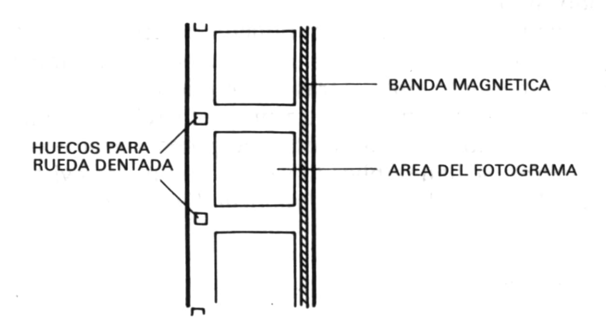


FIG. 9.10. Película con banda magnética. La banda magnética se encuentra en el lado opuesto de los huecos de rueda dentada.

Los requisitos de sincronización varían. Muchas películas utilizan una música de fondo sencilla o un comentario, por lo que la sincronización no es excesivamente critica. Otras películas necesitan «sincronización labial», lo que

significa que la voz grabada corresponde a la cara de alguien que aparece en un primer plano sobre la pantalla, por lo que el sonido debe estar sincronizado exactamente con el movimiento de los labios. Afortunadamente estas películas se realizan en planos breves y la sincronización relativa de sonido e imagen no cambia demasiado en un tiempo corto. Si se comienza cada plano con el tradicional golpe de «claqueta» mostrando el número del plano y en donde el golpe seco de las tablas se utiliza para sincronizar sonido y visión, podemos instalar el proyector y el magnetófono posteriormente de forma que los dos estén sincronizados y el magnetófono puede conectarse a una señal de transferencia del equipo de grabación del proyector sonoro de banda magnética. No obstante, la sincronización únicamente será perfecta si el proyector y el magnetófono alcanzan la velocidad de pasada normal al mismo tiempo.

Naturaleza y grabación

La grabación de sonidos de pájaros y de otros sonidos de la naturaleza se está poniendo de moda; requiere un micrófono muy direccional. El tipo usual de micrófono direccional no es suficientemente adecuado para lograr la respuesta necesaria. En la figura 9.11 se indica el tipo de disposición utilizada. El borde del reflector posee forma de parábola (de aquí su nombre) y la propiedad direccional se debe al hecho de que cualquier onda que incida sobre el reflector parabólico paralela a la dirección en la que el reflector está encarado, se reflejará y pasará a través de un único punto llamado foco. Si se sitúa un micrófono en dicho foco, el micrófono mejorará en sus características de captación sonora, con un área equivalente a la de la apertura del receptor y con propiedades direccionales de acuerdo con su tamaño. Un micrófono muy pequeño en el foco, será muy direccional, ya que el sonido que proviene de otras direcciones no se reflejará en el foco y por tanto, tampoco

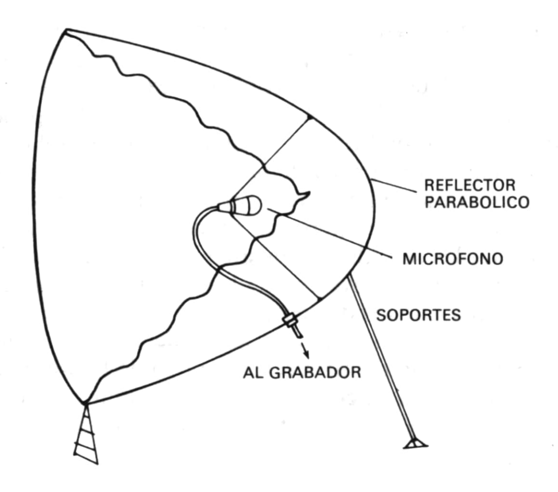


Fig. 9.11. Utilización de un reflector parabólico conjuntamente con un micrófono sensible para grabaciones de la naturaleza. Las cualidades direccionales del paraboloide le hacen idóneo para separar un sonido de un fondo alto. La supervisión es necesaria cuando se utilizan estas técnicas.

en el micrófono. Un micrófono grande es menos direccional, ya que existe un área considerable alrededor del foco que es cubierta por el micrófono de forma que únicamente se recibe el sonido por debajo de ciertos ángulos. Los reflectores parabólicos con o sin micrófono, pueden adquirirse en los grandes comercios de equipos de sonido.

INDICE DE MATERIAS

Este libro, como los restantes volúmenes de la serie *Manuales prácticos*, presenta los fundamentos, técnicas y utilización de los magnetófonos, de manera sencilla y no matemática, dirigida a quien quiera iniciarse en la materia. Con la lectura atenta de este libro, el usuario actual o potencial de un magnetófono estará mejor preparado para la elección y manejo de un aparato adecuado a sus gustos y exigencias, del que obtendrá así el máximo partido.

